

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

Provoz autobusů na CNG v DPO a.s.

Operation of CNG Powered Buses in DPO a.s.

Student: Bc. Radomír Kašpárek

Vedoucí diplomové práce: Ing. Michal Richtář

Ostrava 2009

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou (bakalářskou) práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové (bakalářské) práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě.....

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že:

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, же Высoká škola báňská – technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB – TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové (bakalářské) práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB – TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové (bakalářské) práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- bylo sjednáno, že VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, же оdevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách) , ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě.....

.....

Radomír Kašpárek

Adresa trvalého pobytu studenta:

Lichnov 124, 742 75 Nový Jičín

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

KAŠPÁREK, R. Provoz autobusů na CNG v DPO a.s. Fakulta strojní VŠB – TU Ostrava, Institut dopravy, 2009, 91 stran. Diplomová práce, vedoucí Richtář, M.

Tato diplomová práce popisuje současný stav vozidlového parku (pouze autobusů) DPO a.s. a současně se zabývá technicko – provozně – ekonomickým zhodnocením návrhu provozu autobusů na CNG v DPO a.s. Dále jsou porovnány vlastnosti motorové nafty a zemního plynu.

V této diplomové práci je proveden návrh nové plnicí stanice vozidel na CNG v Ostravě.

ANOTATION DER DIPLOMARBEIT

KAŠPÁREK, R. Der Busverkehr an CNG in der Firma DPO a.s. Fakultät für Maschinenbau der VŠB – TU Ostrava, das Verkehrsinstitut, 2009, 91 Seiten. Der Diplomarbeit, der Leiter Richtář, M.

Diese Diplomarbeit beschreibt gleichzeitig die Situation des Wagenparks (nur Busse) der Firma DPO a.s. und zugleich betreibt sich technisch – betriebs – ökonomisch die Bewertung des Vorschlags des Busverkehrs an CNG in der Firma DPO a.s. Weiter sind die Eigenschaften des Dieseltreibstoffs und des Erdölgases vergleichen.

In dieser Diplomarbeit ist der Vorschlag des neues Wagenladeplatzes an CNG in Ostrava vollstreckt.

Obsah diplomové práce

Seznam použitého značení.....	8
1. Úvod.....	10
1.1. Historie plynu v dopravě.....	10
1.1.1. Svět.....	10
1.1.2. Čechy, Morava a Slezsko.....	12
2. Současný stav v DPO a.s.....	15
2.1. Doprava a životní prostředí.....	15
2.2. Emise fosilních paliv.....	15
2.3. Vliv emisí na zdraví člověka.....	17
2.4. Emisní předpisy (EURO).....	20
2.5. Představení DPO a.s.....	22
2.6. Vozidlový park DPO a.s.....	23
2.6.1. Popis jednotlivých typů autobusů DPO a.s.....	24
3. Technický popis vhodných systémů a vozidel.....	38
3.1. Popis palivové soustavy CNG.....	38
3.2. Systémy CNG.....	45
3.3. Technický popis autobusů CNG.....	46
3.3.1. Technický popis autobusů značky SOR.....	47
3.3.1.1. Technický popis autobusu značky SOR BN 10,5 CNG.....	47
3.3.1.2. Technický popis autobusu značky SOR BNG 12.....	48
3.3.2. Technický popis autobusů značky Irisbus Citelis.....	50
3.3.2.1. Technický popis autobusu značky Irisbus Citelis 12M CNG.....	50
3.3.2.2. Technický popis autobusu značky Irisbus Citelis 18M CNG.....	51
3.3.3. Technický popis autobusu značky Tedom C 12 G.....	52

3.3.4. Technický popis autobusů značky Mercedes – Benz Citaro.....	54
3.3.4.1. Technický popis autobusu značky Mercedes – Benz Citaro CNG.....	54
3.3.4.2. Technický popis autobusů značky Mercedes – Benz Citaro G CNG..	55
3.3.5. Technický popis autobusů značky Solaris Urbino.....	56
3.3.5.1. Technický popis autobusu značky Solaris Urbino 12 CNG.....	57
3.3.5.2. Technický popis autobusu značky Solaris Urbino 15 CNG.....	58
3.3.5.3. Technický popis autobusu značky Solaris Urbino 18 CNG.....	59
3.4. Plnicí stanice CNG.....	60
4. Porovnání CNG a stávajících paliv.....	65
4.1. Zemní plyn.....	65
4.2. Vlastnosti zemního plynu.....	66
4.3. Motorová nafta.....	67
4.4. Vlastnosti motorové nafty.....	69
4.5. Srovnání CNG a motorové nafty.....	70
5. Technické, provozní a ekonomické zhodnocení.....	73
5.1. Technické zhodnocení.....	73
5.2. Provozní zhodnocení.....	73
5.3. Ekonomické zhodnocení.....	73
5.3.1. Ekonomické zhodnocení plnicí stanice.....	74
5.3.1.1. Návrh plnicí stanice CNG.....	75
5.3.2. Ekonomické zhodnocení autobusů.....	77
6. Závěr.....	84
Seznam použité literatury.....	85
Seznam obrázků.....	87
Seznam tabulek.....	88
Přílohy.....	91

Seznam použitého značení

a.s.	- akciová společnost
BaP	- benzo-a-pyren
C	- uhlík
CH ₄	- methan
CO	- oxid uhelnatý
CO ₂	- oxid uhličitý
CNG	- compressed natural gas
ČR	- česká republika
DIWA	- diferencial wandler
DPO	- dopravní podnik Ostrava
EURO	- emisní předpisy
H	- vodík
HC	- nespálené uhlovodíky
Kč	- korun českých
λ	- parametr složení směsi
MHD	- městská hromadná doprava
NO	- oxid dusnatý
NO ₂	- oxid dusičitý
N ₂ O	- oxid dusný
NO _x	- oxidy dusíku
NMHC	- nemetanické uhlovodíky
PAU	- polycyklické aromatické uhlovodíky
Pb	- olovo
PM	- částice

SO ₂	- oxid siřičitý
s.r.o.	- společnost s ručením omezeným
ZF	- Zahnradfabrik

1. Úvod

Náplní této diplomové práce je popsat vhodné systémy CNG a technický popis vozidel na CNG. CNG znamená v angličtině zkratku "compressed natural gas", což v češtině znamená "stlačený zemní plyn".

1.1. Historie plynu v dopravě

Jako pohonný plyn sloužila v průběhu doby celá řada hořlavých plynů. Z nejdůležitějších to byl především svítiplyn a zemní plyn, ale také byl používán důlní plyn (metan), dřevoplyn, kalový plyn, generátorový plyn, vysokopecní plyn, acetylén. V současné době je pro pohon automobilů nejvíce využíván propan butan, zemní plyn (především stlačený, v menší míře zkapalněný) a bioplyn [1].

1.1.1. Svět

Již v roce 1791 navrhl John Barber z Anglie využití hořlavého plynu ve směsi se vzduchem k pohonu „výbušné“ turbíny. Kdežto Francouz Phillipe Lebon si nechal v roce 1801 patentovat motor poháněný směsí svítiplynu získaného suchou destilací dřeva a vzduchu. Tyto události přispěly k tomu, že první vozidla byla poháněna plynem, nikoli benzínem či naftou, dnes nejvíce užívanými pohonnými hmotami. Vynález výbušného plynového motoru je spojen především se jmény Rivaz a Lenoir. Švýcarský vojenský vysloužilce Issac de Rivaz získal r. 1807 patent na vozidlo poháněné výbušným motorem. Vozidlo dokonce postavil a veřejně zkoušel. Jeho motor měl válec, v němž elektricky zapaloval směs svítiplynu a vzduchu. Píst, který byl výbuchem vytlačen vzhůru, byl pak svojí váhou a atmosférickým tlakem vzduchu tlačén dolů, přičemž ozubeným hřbetem poháněl soukolí, od kterého se pohyb přenášel na kola vozidla. Opravdového úspěchu ale dosáhl až Francouz belgického původu Jean Joseph Etienne Lenoir, kterého lze považovat za vlastního tvůrce výbušných motorů, neboť je přivedl k takovému stavu dokonalosti, že je bylo možno opravdu prakticky využít. Dne 10. 11. 1859 získal patent na motor poháněný svítiplynem a v r. 1860 začal již stavět vozidlo s plynovým motorem. Plyn byl stlačený v nádrži umístěné ve vozidle. V roce 1863 vykonal Lenoir s tímto vozidlem první jízdu z Paříže do jejího předměstí Joinville le Pont a zpět rychlostí 6 km/hod. Celá trať měřila 18 km. Ve stejném roce byla v Drážďanech zavedena pravidelná doprava osob šesti vozidel poháněnými motory na plyn. Vozidla ujela asi 40 km a byla schopna přepravit až 25 osob [1].

Plynový motor si začal razit úspěšnou cestu světem a byl zdokonalován dalšími a dalšími vynálezci, ať již to bylo v sousedním, technicky rychle vyspívajícím Německu (Daimler, Benz, Otto, Langer, Maybach), či v Americe (Errani, Andres a Brayton), Belgii (Germain), Rakousku (Hock) nebo v dalších zemích. Zemní plyn – metan byl poprvé v historii použit v Ottově spalovacím motoru v roce 1872. Brzy se však k pohonu výbušných motorů začaly uplatňovat i kapalnépohonné hmoty, a to nejdříve petrolej v roce 1863, později benzín v roce 1873 a nafta. Ty se pak staly koncem 19. a zejména ve 20. století rozhodujícími v automobilovém průmyslu. Ke konci 19. století kapalná paliva (benzín, nafta a petrolej) nad plynem zvítězila a zdálo se, že éra plynu v pohonu vozidel skončila. Nebylo však tomu tak. O návrat plynových vozidel v první polovině 20. století se postaral nedostatek kapalných pohonných hmot za první i druhé světové války. Vzhledem k tomu, že mnohé státy měly dostatečná ložiska uhlí, nejsnazší byla náhrada benzínu svítiplynem. K použití svítiplynu pro nedostatek benzínu přistoupili především Angličané, kteří připevňovali na nákladní automobily gumové balóny naplněné svítiplynem z nejbližšího plynového nízkotlakého potrubí. V praxi se zjistilo, že plyn má pro pohon motorových vozidel vynikající vlastnosti. Především byl provoz s použitím svítiplynu levnější než s kapalnými pohonnými hmotami, motory snadněji startovaly i v mrazivém počasí a samozřejmě byl provoz ekologičtější, což si kupodivu již v počátcích užívání spalovacích motorů naši předkové plně uvědomovali [1].

Nevýhodou použití nestlačeného svítiplynu byl velmi malý akční rádius automobilů. Vývoj proto jednoznačně směřoval k používání stlačeného plynu. Použití stlačeného plynu k pohonu automobilů, stále ještě svítiplynu, má své počátky kolem roku 1930 ve Francii a brzy se rozšířilo do dalších evropských zemí. Byly vyráběny kompresní tankovací stanice, tlakové lahve, přestavována vozidla, stlačený svítiplyn se začal běžně používat. Souběžně s rozvojem použití stlačeného svítiplynu byly prováděny pokusy s použitím i jiných plynů, především metanu a kalového plynu. Zkapalněné uhlovodíkové plyny se začaly v Evropě používat počátkem třicátých let. Jsou tedy jedním z nejmladších motorových plyných paliv. Tekutých plynů bylo poprvé použito v Porúří v roce 1934 k pohonu 50 nákladních automobilů. O tři roky později již jezdilo na území Říše 12 tisíc nákladních automobilů na tekutý plyn. V roce 1937 činila spotřeba tekutého plynu na území Německa 50 tisíc tun. Tekutý plyn se získával jako vedlejší produkt při výrobě benzínu z uhlí. Ve využití zemního plynu pro pohon vozidel má primát Itálie. Snadná dostupnost zemního plynu z vlastní těžby ve 30. letech minulého století umožnila nástup a později širší rozmach tohoto způsobu užití zemního plynu v Itálii. V městské hromadné dopravě byl plyn poprvé použit nikoli pro pohon autobusů, ale

tramvají. V roce 1893 jezdilo v Drážďanech 6 tramvají poháněných motory na stlačený svítiplyn. Stlačený svítiplyn byl uložen v 6 nádržích po 1 m³, ve kterých byl svítiplyn stlačen přetlakem 0,6 MPa. Vůz dosahoval rychlosti 10–12 km/h a měl dojezd až 40 km. Pravidelná přeprava osob na uličních drahách se svítiplynovým pohonem byla zavedena také v Chicagu, Nordhausenu, Bermondsey (Anglie), Dessau (Německo) i jinde. První městská doprava prostřednictvím motorových omnibusů byla zahájena v roce 1903 v britském Sussexu. První pokusy s využitím stlačeného svítiplynu v automobilové dopravě se datují do roku 1930. Firma Bellis & Morcom Ltd. na veletrhu v Birminghamu vystavovala kompresor, jímž stlačovala plyn na cca 35 MPa a plnila jej do tlakových lahví autobusů. V roce 1937 upravila berlínská dopravní společnost 23 autobusů na pohon stlačeným svítiplynem. Autobusy bylo možno plnit i z pojízdných tanků. Od konce roku 1940 přestavoval pařížský dopravní podnik autobusy na plyn. Ve čtyřicátých letech byly takto v Evropě poháněny stovky autobusů. V době 2. světové války pro nedostatek kapalných pohonných hmot jezdily v Evropě autobusy městské hromadné dopravy, nákladní a osobní automobily nejen na svítiplyn, zemní plyn nebo zkapalněné uhlovodíkové plyny, ale byl využíván i dřevoplyn. Ten byl využíván nejen v silniční dopravě, ale i pro pohon lokomotiv, zejména v Německu [1].

Po 2. světové válce bylo používání plynu v dopravě ve většině evropských zemí na dlouhá léta utlumené a do popředí se opět dostaly klasické kapalně pohonné hmoty (benzín a nafta). Opětovný nástup použití plynu pro pohon vozidel nastal v 60. a 70. letech, razantní přechod na plyn pak ke konci osmdesátých a zejména v devadesátých letech. Na olympiádě v Mnichově v roce 1972 byly s úspěchem použity městské autobusy poháněné stlačeným nebo zkapalněným zemním plynem. Později byly použity na běžné linky. V roce 1989 bylo na pravidelných linkách v holandském Utrechtu uvedeno do provozu 10 autobusů poháněných stlačeným zemním plynem. Od začátku 90. let se plynná paliva na trhu pohonných hmot stále více prosazují [1].

1.1.2. Čechy, Morava a Slezsko

V českých zemích se nový dopravní prostředek – automobil se spalovacím benzínovým motorem objevil v Praze okolo roku 1895. Využívání plynu v dopravě začalo v českých zemích v roce 1936. Konkrétně se jednalo o používání stlačeného svítiplynu k pohonu automobilů, autobusů a traktorů. Vítkovické železárny jako první vyráběly kompresní tankovací stanice a provozovaly na svítiplyn vlastní nákladní vozidla. V roce 1937 došlo k výstavbě kompresní

stanice v Hradci Králové, kde se na převedení městské autobusové dopravy na plyn dohodla městská plynárna s místním dopravním podnikem. Stlačený svítiplyn k pohonu autobusů, nákladních i osobních automobilů se začal používat v Praze, Hradci Králové a v dalších českých městech. Ve 30. a 40. létech jezdily plynové autobusy také v Krnově, Olomouci a Mladé Boleslavi. V té době byla v pražské plynárně v Michli postavena kompresní stanice na plnění lahví stlačeným svítiplynem [1].

V letech 2. světové války, v roce 1941, nastalo slavnostní otevření kompresní stanice v Olomouci, kde tankovalo deset nákladních automobilů, později autobusy a další vozidla. V roce 1942 byl pro nedostatek benzínu zvýšen počet tankovacích stanic stlačeného svítiplynu pro pohon automobilů v Praze, takže ke stanici v plynárně v Michli přibyla stanice před Masarykovým nádražím a na ostrově Štvanice. V roce 1944 byl zahájen provoz prvního autobusu na nestlačený svítiplyn na lince Michle – Hostivař a zpět. Autobusy vybavené zařízením na pohon nestlačeným svítiplynem byly však vhodné pouze pro kyvadlovou dopravu v dosahu plynovodní sítě. Ve válečných letech pro nedostatek kapalných pohonných hmot jezdily v Praze autobusy městské hromadné dopravy, nákladní a osobní automobily i na dřevoplyn. V období druhé světové války byl na našem území pohon dřevoplynem zaveden i u motorových vozů bývalých Českomoravských drah. V letech 1941 a 1943 byly dodány dvě série motorových vozidel v provedení na dřevoplyn. Typickým jevem při dřevoplynovém provozu byly zásoby bukových špalíků ukládané v pytlích na střechách vozidel. Po válce však, obdobně jako v celé Evropě, používání plynu v dopravě ustupuje do pozadí a na scénu se vracejí klasické kapalné pohonné hmoty [1].

Zemní plyn jako pohonná hmota se začal v České republice uplatňovat od roku 1981, kdy byla provedena první přestavba vozidla na zemní plyn. ČSAO Praha provádělo přestavby vozidel Karosa řady 700. Tyto vozidla byly poměrně málo spolehlivá a bylo nutno je v provozu upravovat na vyšší provozní spolehlivost. Plány dalšího rozvoje byly smělé. V roce 1985 byla vypracována komplexní studie řešící náhradu kapalných paliv zemním plynem, podle níž v cílovém roce 1995 mělo být postaveno několik desítek plnicích stanic a na zemní plyn mělo jezdit několik tisíc vozidel, především nákladních automobilů a autobusů.

V roce 1989 byla v plynárně Měcholupy uvedena do provozu plnicí stanice stlačeného zemního plynu určená zejména pro autobusy v Praze. Prvních 5 autobusů poháněných stlačeným zemním plynem zahájilo v Praze provoz v roce 1991. V té době se rozšiřovalo používání plynových autobusů v městské dopravě i do dalších měst, hlavně na Moravě – Havířov, Frýdek

Místek, Uherské Hradiště, Prostějov. Veškeré plynové autobusy byly přestavěny na zemní plyn z původních autobusů spalujících naftu. Nejednalo se o plynové autobusy od výrobce. Takový způsob se může jevit jako složitý, finančně náročný a neefektivní. Nový autobus se musí částečně demontovat a upravit na plynový pohon. V té době to však byl jediný možný způsob. Zahraniční plynové autobusy byly až 37násobně dražší a český výrobce plynové autobusy nenabízel. Rovněž plynové osobní a nákladní automobily byly individuálně přestavované, neexistovaly ani sériově vyráběné automobily na zemní plyn ani nebyly schváleny hromadné přestavby vozidel – homologace. Individuální přestavby se v praxi neosvědčily. To byl hlavní důvod, proč se dobře rozvíjející program plynofikace zpomalil, až zastavil. Česká republika byla počátkem 90. let v plynofikaci dopravy na předním místě ve světě [1].

Díky stagnaci se ale před ní dostaly a dostávají další evropské země, které s plynofikací dopravy začínaly později. Neváhaly však využít poznatků z počátečních fází plynofikace a počet vozidel na zemní plyn i plnicích stanic tam nyní úspěšně roste (např. Německo, Francie). Od roku 1999 se však situace začala měnit. V oblasti osobních automobilů v roce 1999 byly schváleny hromadné přestavby vozidel na zemní plyn. Homologace se týká celé řady vozidel vyráběných ve Škodě Mladá Boleslav. U autobusů český výrobce motorů Škoda LIAZ již ukončil vývoj plynového motoru. Počátkem 21. století zájem o zemní plyn opět roste a výrobci vozidel nabízejí vozidla na CNG z prvovýroby [1].

V současné době v České republice zemní plyn jako pohonnou hmotu využívá cca 1.000 vozidel, z toho:

- 750 osobních a dodávkových automobilů,
- 220 autobusů,
- 10 komunálních vozidel (převážně svoz odpadu a čištění ulic),
- 20 ostatních (vysokozdvíhací vozíky, rolby ledu).

2. Současný stav v DPO a.s.

2.1. Doprava a životní prostředí

Doprava v ČR, stejně jako v jiných vyspělých zemích, má negativní dopad na životní prostředí. Největší podíl na tomto znečišťování má silniční doprava tím, že při spalování fosilních paliv dochází ke vzniku škodlivých látek (např. CO, CO₂, NO_x, Pb, PM atd). Dopad silniční dopravy na životní prostředí záleží na typu použitého paliva, který je použit pro pohon silničních vozidel. Proto, aby se snížil obsah škodlivých látek v ovzduší dochází k hledání jiných zdrojů energie, než jsou fosilní paliva (benzín a nafta). Velikou perspektivu v této oblasti má zemní plyn [7].

2.2. Emise fosilních paliv

Emise fosilních paliv lze rozdělit do 3 skupin:

1. legislativou přímo omezené – množství těchto emisí je dáno předpisem EURO patří sem oxid uhelnatý (CO), nespálené uhlovodíky (HC), oxidy dusíku (NO_x) a emise částic (PM)
2. legislativou nepřímo omezené – oxid siřičitý (SO₂), olovo a jeho sloučeniny
3. legislativou neomezené – aldehydy a polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)

Oxid uhelnatý – CO

Bezbarvý jedovatý plyn bez zápachu, toxický. Jeho hmotnost je vyšší než hmotnost vzduchu a v důsledku toho se shromažďuje u podlahy. Oxid uhelnatý vzniká především při spalování bohaté směsi ($\lambda < 1$), díky nedostatečnému obsahu kyslíku potřebnému pro oxidaci uhlíku na neškodný oxid uhličitý (CO₂). V oblasti přebytku paliva (bohaté směsi) stoupá objemový obsah CO s klesající hodnotou λ lineárně. V oblasti přebytku vzduchu (chudé směsi), je objemový obsah CO nízký a na hodnotě λ nezávislý [3].

Při vyváženém složení směsi, kdy součinitel přebytku vzduchu $\lambda = 1$, je objemový obsah CO přibližně 0,3 – 0,5 % a je určen především nehomogeností rozdělování směsi pro jednotlivé válce a kolísáním složení směsi mezi jednotlivými cykly.

Nespálené uhlovodíky – HC

Jedná se o nespálené uhlovodíky z paliva, produkty jejich částečné oxidace a uhlovodíky nově vzniklé termochemickými reakcemi během spalovacího procesu. Obdobně jako u emisí CO stoupá hodnota HC v oblasti bohaté směsi s klesající hodnotou λ . Důvodem je přebytek paliva a neúplné spalování, v důsledku toho dochází ke zvýšení hodnoty emisí nespálených a částečně spálených uhlovodíků. Minimum hodnoty HC bychom našli v oblasti $\lambda = 1,1$ až $1,2$. Na rozdíl od CO se vzrůstající hodnotou λ obsah HC vlivem nedokonalého spalování dále stoupá [3].

Hodnotu HC velmi významně ovlivňuje celkový stav motoru a jeho seřízení. Objemový obsah HC ve výfukových plynech je podstatně nižší než CO.

Oxidy dusíku – NO_x

NO je bezbarvý plyn, který ve spojení se vzduchem oxiduje na NO₂. NO₂ je hnědočervený plyn se silným zápachem. Je velmi silně jedovatý a podílí se na tvorbě smogu. Kromě oxidu dusnatého (NO) vzniká v malém množství také oxid dusičitý (NO₂) a oxid dusný (N₂O).

Závislost emisí oxidů dusíku na hodnotě součinitele přebytku vzduchu je přesně opačná než u CO a HC. V oblasti přebytku paliva stoupá s rostoucí hodnotou λ i hodnota emisí oxidů dusíku a to především díky zvyšující se koncentraci kyslíku. V oblasti chudé směsi emise oxidů dusíku klesají se zvyšující se hodnotou λ , protože s chudší směsí klesá teplota ve spalovacím prostoru a tím se omezují podmínky pro tvorbu NO_x. Maximální hodnoty NO_x bychom dosáhli v oblasti lehkého přebytku vzduchu s hodnotou $\lambda = 1,05$ až $1,1$ [3].

Oxid siřičitý – SO₂

V palivu obsažená síra reaguje se vzdušným kyslíkem na oxid siřičitý (SO₂). Ve spojení s vodou vznikají kyseliny síry, které jsou známy jako „kyselý déšť“ a mají vysoce negativní dopad na životní prostředí [3].

Olovo – Pb

Je přidáváno do benzínu jako antidetonátor pro zvýšení oktanového čísla. V současné době se do benzínu přidávají nové netoxické antidetonátory a množství olova je tím sníženo. Emise olova z dopravy klesají. Je to způsobené zvýšením spotřeby bezolovnatého benzínu [3].

Oxid uhličitý – CO₂

Je bezbarvý plyn bez chuti a zápachu; při vyšších koncentracích může v ústech mít slabě nakyslou chuť. Je těžší než vzduch. Vzniká reakcí uhlíku s kyslíkem (spalováním). Oxid uhličitý je nejedovatý produkt spalování. Při rovnovážném směšovacím poměru je hodnota CO₂ maximální a dosahuje hodnoty cca 14,7 %. Toto množství odpovídá dokonalému spalování [3].

Hodnota CO₂ zároveň také vypovídá o stavu motoru a jeho součástech. Je-li např. hodnota CO₂ nízká a přitom jsou nízké hodnoty CO a HC, je zřejmé že výfukové potrubí vozidla není dostatečně těsné a dochází k naředění výfukových plynů [3].

Hodnoty CO₂, CO a HC slouží k posouzení vlastností katalyzátoru. Oxid uhličitý vzniká rovněž oxidačním procesem v katalyzátoru, při kterých se redukuje obsah škodlivých složek výfukových plynů. V případě správné funkce katalyzátoru může být hodnota CO₂ dokonce ještě vyšší než při dokonalém spalování. Nárůst oxidu uhličitého v atmosféře je jednou z významných příčin skleníkového efektu. Kromě snižování škodlivých látek vzniká také úkol snižovat spotřebu paliva a tím držet emise CO₂ na nejnižší možné hranici [3].

Částice – PM

Částice – pevná i kapalná fáze: karbon, saze, popel, sírany kovů, mikrokapky nespálených uhlovodíků z paliva, voda. Konkrétní složení a množství jednotlivých částic je spojeno se spalovacím procesem probíhajícím v motoru a dále závisí na typu motoru, na technickém stavu a stáří motoru (spotřeba motorového oleje). Nejčastěji se rozměr škodlivých částí pohybuje v rozmezí 0,3 – 10 μm [3].

2.3. Vliv emisí na zdraví člověka

Oxid uhelnatý – CO

Oxid uhelnatý se rychle vstřebává v plicích a přechází do krve, kde se váže na hemoglobin za vzniku karboxyhemoglobinu (COHb) a tím znemožňuje okysličování krve v plicích. Jestliže je COHb přítomen v krvi, tím se dále zhoršuje zásobování tkání kyslíkem, protože je narušena schopnost hemoglobinu uvolňovat navázaný kyslík [6].

Důsledkem účinku působení CO na člověka je snížení transportu kyslíku ke tkáním, tím jsou nejvíce postiženy na něm závislé orgány (srdce, centrální nervová soustava, zárodek v děloze).

Známe tyto čtyři typy zdravotních vlivů při expozici CO: neuropsychické, srdečně-cévní, na srážlivost krve a na plod matky. Z těchto zdravotních vlivů jsou lidé se srdečně-cévní chorobou jedny z nejcitlivějších na působení CO.

Klasické příznaky otravy oxidem uhelnatým jsou bolesti hlavy a závrať (při hladině 10–30 % COHb) až silné bolesti hlavy, srdeční obtíže a malátnost (nad 30 %). Při hladině nad cca 40 % je značné riziko komatu a smrti. Působení oxidu uhelnatého na matku může rovněž poškodit plod vyvíjející se v jejím těle, snížit porodní hmotnost dítěte a zpomalit jeho vývoj po narození [6].

Nespálené uhlovodíky – HC

Nejnebezpečnější ze skupiny nespálených uhlovodíků jsou polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU) [6].

PAU jsou skupinou látek vznikající při nedokonalém spalování. Zplodiny zážehových motorů obsahují větší množství některých plynných emisí, ale právě u vznětových motorů, jež obsahují menší množství těchto emisí, je soustředěna vyšší koncentrace částic nesoucích organické látky, které zahrnují i PAU.

Nejznámější polycyklický aromatický uhlovodík je benzo-a-pyren (BaP). Ale těchto uhlovodíků je známo mnohem více (až stovky), z nichž jsou mnohé mutageny nebo karcinogeny. Polycyklické aromáty se vstřebávají v plicích a střevech, kde metabolizují na látky, které považujeme za potencionální původce rakoviny. Benzo-a-pyren má rakovinotvorné účinky [6].

Oxidy dusíku – NO_x

Nejvýznamnější z oxidů dusíku je oxid dusičitý (NO₂) – je to dráždivý plyn částečně pohlcovaný hlenem dýchacích cest. Při vdechování může být pohlčován z 80 – 90 %, v závislosti jestli dýcháme nosem či ústy. Jelikož není příliš rozpustný ve vodě (H₂O) a naše horní cesty dýchací ho zadrží jen minimálně, dostává se tak přes plíce do krve a vylučuje se v moči. Jak v krvi tak i v moči se NO₂ sleduje ve formě dusitanů a dusičnanů [6].

Škála nepříznivých účinků NO_x v plicích sahá od mírných zánětlivých reakcí ve sliznici dýchacích cest přes záněty průdušek a plic při nízkých koncentracích až po akutní otok plic při vysokých koncentracích [6].

Oxid siřičitý – SO_2

Oxid siřičitý (SO_2) reprezentuje jen menší část automobilových emisí. I to však může násobit efekt dalších látek z výfukových plynů. Vdechovaný SO_2 je vysoce rozpustný ve vodním povrchu dýchacího systému, a proto se vstřebává v nose a v horních cestách dýchacích, kde se projevuje jeho dráždivý vliv. Málo z něj se dostává do plic. Z dýchacího traktu vstupuje SO_2 do krve a vylučuje se převážně močí. Vysoké koncentrace mohou vedle dráždění horních cest dýchacích způsobovat otok hrtanu a plic. Protože obsah síry v motorové naftě se stále snižuje, snižují se také i jejich emise ze spalovacích motorů [6].

Olovo – Pb

Olovo a jeho sloučeniny představují potenciální nebezpečí chemické otravy dětí. Těžké kovy mohou být výrazně toxické a člověku narušují činnost nervové soustavy a ledvin, mohou být zdrojem nádorů a mutací. Velikost emitovaných částic olova se pohybuje v rozmezí od 0,01 do 10 μm [6].

Oxid uhličitý – CO_2

Oxid uhličitý je nedýchatelný a ve vyšších koncentracích může způsobit ztrátu vědomí a smrt. Naruší totiž uhličitánovou rovnováhu v krvi. Nárůst oxidu uhličitého v atmosféře je jednou z významných příčin skleníkového efektu [6].

Částice – PM

Pevné částice (PM) patří společně s některými sloučeninami polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU) mezi nejškodlivější složky výfukových plynů. Nebezpečí pro člověka spočívá v tom, že PM jsou velmi malé částice o velikosti 0,3 – 10 μm a snadno je člověk vdechuje. Usazování a hromadění těchto částic na sliznici a v dýchacím ústrojí zatěžuje dýchací cesty. PM o velikosti 10 μm je člověk schopen vykašlat, ale PM o velikosti 2,5 μm a menší se vdechováním dostávají přímo do plic a dále do krevního oběhu a mají karcinogenní účinky (mohou způsobit rakovinu) [6].

2.4. Emisní předpisy (EURO)

Každé nově vyráběné vozidlo, které se dostane na trh, musí splňovat příslušné homologační předpisy. Proto jsou ještě před zahájením prodeje uskutečňována náročná schvalovací měření - tzv. homologační zkoušky. Ve většině zemí jsou součástí těchto předpisů i ustanovení týkající se množství škodlivin ve výfukových plynech [7].

Evropský standard pro automobilové motory je vytvářen Evropskou hospodářskou komisí (EHK) v rámci Dohody o přijetí jednotných podmínek pro homologaci a vzájemné uznávání homologace výbavy dílů motorových vozidel. Tyto předpisy EHK jsou platné ve většině evropských států. V rámci Evropské unie je navíc kompetentním orgánem v oblasti předpisové báze, vztahující se k emisnímu hodnocení automobilů, Motor Vehicle Emission Group (MVEG), která je součástí administrativy EU.

Předpis Evropské unie ohledně emisí se označují EURO 1, EURO 2, atd [7].

Vývoj emisních předpisů

Prvním předpisem platným v Evropě byl předpis EHK 49 zavedený v roce 1983. Předpis EHK 49 se týká vozidel kategorie M2, M3, N2 a N3 (autobusy a nákladní vozidla která jsou poháněna vznětovými popř. zážehovými plynovými motory). Podle původního předpisu EHK 49 se emise motorů zjišťují ve 13 jízdních cyklech a počítá se s měřením obsahu oxidu uhelnatého (CO), nespálených uhlovodíků (HC) a oxidů dusíku (NO_x). Později přibýlo měření částic (PM) [7].

Předpis EHK 49 prošel od roku 1983 několika úpravami, které se většinou týkaly zpřísnění limitních hodnot emisí ve výfukových plynech. Na počátku devadesátých let v rámci jednotné legislativy ve státech Evropské unie vychází nové emisní předpisy, jejichž základem je právě EHK 49, ale nesou již název podle zvyklostí EU. Tyto emisní předpisy jsou spíše známější pod názvem EURO (někdy se používá jenom zkratka EU) plus číslo revize předpisu [7].

EURO 1 (EU1)

V roce 1993 začal ve státech Evropské unie platit předpis EHK 49.02, známější spíše jako EURO 1.

EURO 2 (EU2)

V roce 1996 byly zavedeny ve státech Evropské unie předpis EHK 49.03, označovaný jako EURO 2. Tyto normy zavedly opět přísnější emisní limity.

EURO 3 (EU3)

Od roku 2001 platí ve státech Evropské unie předpis EHK 49.04(EURO 3).

EURO 4 (EU4)

V roce 2005 platí ve státech Evropské unie předpis EURO 4.

EURO 5 (EU5)

Do platnosti tento předpis vstoupil 1.9. 2008.

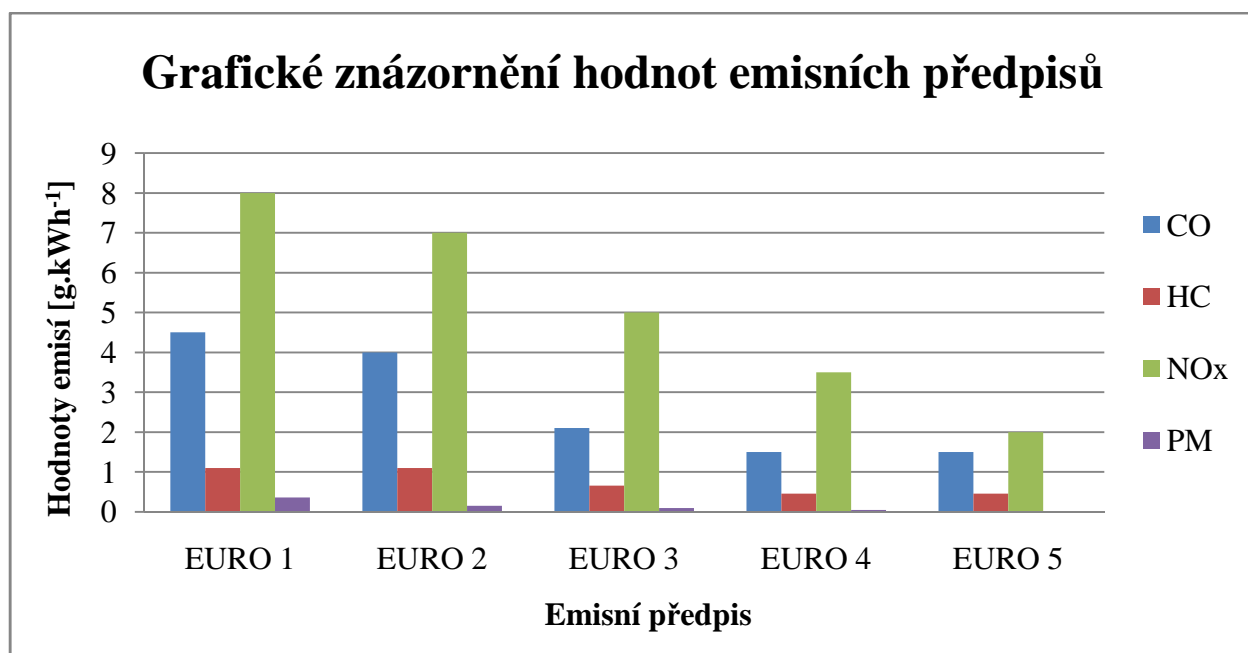
EURO 6 (EU6)

Dle dostupných informací vstoupí v platnost v roce 2014 až 2015.

V tab. č.1 jsou jednotlivé emisní předpisy a nejvyšší dovolené hodnoty emisí pro daný předpis. A na obr. č.1 jsou tyto hodnoty znázorněny graficky. Na vodorovné ose je emisní předpis a na svislé ose nejvyšší dovolené hodnoty emisí [g.kWh^{-1}] [7].

Tab.č.1: Přehled emisních předpisů

Emisní předpis	Datum zavedení	CO [g.kWh^{-1}]	HC [g.kWh^{-1}]	NO_x [g.kWh^{-1}]	PM [g.kWh^{-1}]
EURO 1	1992	4,5	1,10	8,0	0,36
EURO 2	1996	4,0	1,10	7,0	0,15
EURO 3	2000	2,1	0,66	5,0	0,10
EURO 4	2005	1,5	0,46	3,5	0,05
EURO 5	2008	1,5	0,46	2,0	0,02



Obr. č.1: Grafické znázornění hodnot emisních předpisů

2.5. Představení DPO a.s.

Městská hromadná doprava (dále jen MHD) je nedílnou součástí života každého moderního města. Její vývoj je vždy úzce svázán s hospodářským a politickým vývojem celého regionu. Nejinak tomu bylo a je i na Ostravsku [2].

MHD v Ostravě provozuje Dopravní podnik Ostrava akciová společnost (a.s.). Zakladatelem této společnosti, která je posledním pokračovatelem dopravců ve více než stoleté historii hromadné dopravy je město Ostrava [2].

Obor činnosti:

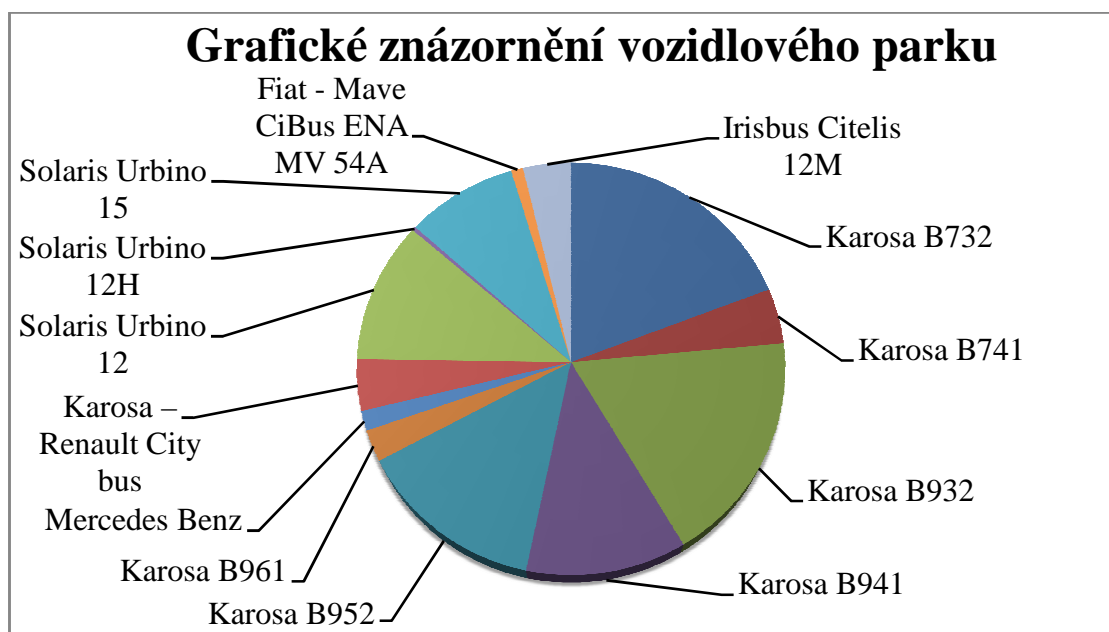
- poskytování služeb městské hromadné dopravy ve městě Ostravě a přilehlém území (tramvajové, trolejbusové a autobusové),
- projektování, výstavba, údržba a opravy dopravní cesty,
- údržba, opravy a modernizace dopravních prostředků, montáž tramvají a trolejbusů,
- projektování dopravní obsluhy území, výcvik řidičů, prodej reklamy.

2.6. Vozidlový park DPO a.s.

DPO v současné době provozuje 321 autobusů a nevlastní žádné vozidlo na CNG. Průměrné stáří vozidlového parku DPO je 8,7 let. V tab. č. 2 jsou vyjmenovány značky a typy autobusů DPO a na obr. č.2 je grafické znázornění vozidlového parku DPO. Počty vozidel jsou vztaženy k 31.12. 2008 [2].

Tab.č.2: Zastoupení značek a typů autobusů v DPO

Značka vozidla a typ	počet ks
Karosa B732	69
Karosa B741	14
Karosa B932	58
Karosa B941	38
Karosa B952	45
Karosa B961	8
Mercedes Benz	5
Karosa – Renault City bus	13
Solaris Urbino 12	36
Solaris Urbino 12H	1
Solaris Urbino 15	28
Fiat - Mave CiBus ENA MV 54A	3
Irisbus Citelis 12M	12



Obr. č.2: Grafické znázornění četnosti zastoupení značek a typů autobusů vozidlového parku DPO

2.6.1. Popis jednotlivých typů autobusů DPO a.s.

Karosa B732

Městské autobusy typu B731 a B732 vyráběla Karosa ve Vysokém Mýtě v letech 1982 - 1996. Oba typy se odlišují použitými převodovkami, typ B731 byl dodáván se samočinnou převodovkou a B732 s mechanickou s přímým řazením. V současné době vlastní DPO 69 ks autobusů typu Karosa B732 a je nejčastěji zastoupeným typem autobusu ve vozidlovém parku DPO [2].



Obr. č.3: Autobus Karosa B732

Karosa B741

Vozidla Karosa B741 jsou kloubovou verzí typu B731. Byly vyráběny v letech 1991 - 1996. V ostravském DP v současnosti slouží 14 těchto autobusů [2].



Obr. č.4: Autobus Karosa B741

Karosa B932

Ze série vozidel Karosa B93x jsou v Dopravním podniku Ostrava a.s. zastoupeny pouze vozidla B932, které jsou vybaveny převodovkou s přímým řazením. DPO má ve svém vozidlovém parku také model B932 E, který se liší podlahou sniženou v přední části vozu o 100 mm a odlišnou tuhou přední nápravou Škoda s kotoučovými brzdami. V současné době vlastní DPO 58 vozidel typu B932 a B932 E [2].



Obr. č.5: Autobus Karosa B932

Karosa B941

Konstrukce kloubového autobusu vychází z typu Karosa B931. Ve výrobním programu Karosy byl v letech 1997 - 2001. DPO má nyní ve vozidlovém parku 38 vozidel B941 [2].



Obr. č.6: Autobus Karosa B941

Karosa B952

Prvních 12 vozidel Karosa B952 začalo na linkách ostravského DP jezdit koncem roku 2002. Dnes jich vlastní DPO 45 [2].



Obr. č.7: Autobus Karosa B952

Karosa B961

Kloubový autobus, který vychází z konstrukce typů Karosa B951. První dva autobusy začaly v ostravském DP jezdit v roce 2003 v současné době jich vlastní celkem 8 [2].



Obr. č.8: Autobus Karosa B961

Mercedes Benz

Na linkách s nižšími požadavky na přepravní kapacitu bylo nasazeno 5 vozidel značky Mercedes Benz [2].



Obr. č.9: Midibus Mercedes Benz

Karosa – Renault City bus

První nízkopodlažní autobusy značky Karosa – Renault City bus začaly jezdit v ostravském DP na konci roku 1996. V současné době jezdí na linkách DPO 13 vozidel [2].



Obr. č.10: Autobus Karosa – Renault City bus

Solaris Urbino 12

První dvanáctimetrové nízkopodlažní autobusy polského výrobce byly na městské linky v Ostravě zařazeny v roce 2001. V současné době jich slouží v DPO 36 [2].



Obr. č.11: Autobus Solaris Urbino 12

Solaris Urbino 12H

Na rozdíl od plně nízkopodlažního 12metrového autobusu Solaris Urbino 12 má Solaris Urbino 12H sníženou podlahu pouze v prostoru předních a středních dveří. V zadní části je podlaha zvýšena. To umožňuje použít klasické a také levnější komponenty pohonné soustavy (např. může být použita tuhá hnací náprava z klasického autobusu) a snížit pořizovací náklady autobusu. Od července roku 2005 je v provozu DPO jeden autobus [2].



Obr. č.12: Autobus Solaris Urbino 12H

Solaris Urbino 15

Nízkopodlažní patnáctimetrové autobusy Solaris Urbino 15 jsou v ostravském DPO používány pro přepravu cestujících od roku 2000. V současné době má DPO a.s. ve svém vozidlovém parku 28 autobusů Solaris Urbino 15 [2].



Obr. č.13: Autobus Solaris Urbino 15

Fiat - Mave CiBus ENA MV 54A

První nízkopodlažní midibus postavený na základě vozu Fiat Ducato byl zařazen do vozidlového parku DPO v prosinci roku 2007. V současné době vlastní DPO 3 vozidla tohoto typu [2].



Obr. č.14: Midibus Fiat - Mave CiBus ENA MV 54A

Irisbus Citelis 12M

Nízkopodlažní městské autobusy Irisbus Citelis 12M produkuje pro český trh závod společnosti Irisbus ve Vysokém Mýtě Iveco Czech Republic, a.s. (dříve Karosa). Dopravní podnik Ostrava v prosinci roku 2008 zakoupil 12 nízkopodlažních vozidel značky Citelis 12M splňující nejpřísnější požadavky emisních předpisů Euro 5 [2].



Obr. č.15: Irisbus Citelis 12M

Tab.č.3: Vybrané technické údaje autobusů DPO [2]

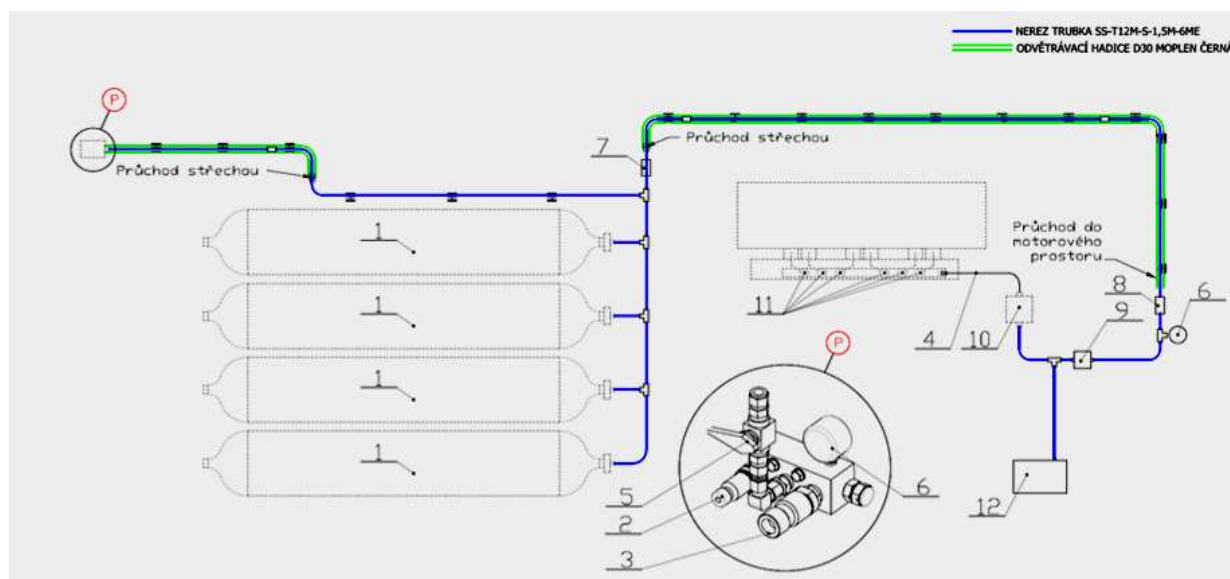
Značka vozidla a typ	Výkon motoru [kW]	Zdvihový objem motoru [cm³]	Délka vozidla [mm]	Šířka vozidla [mm]	Výška vozidla [mm]	Maximální rychlost [km.h⁻¹]	Počet míst celkem/ k sezení/ k stání
Karosa B 732	175	11 940	11 055	2 500	3 165	78–87	94/31/63
Karosa B 741	175	11 940	17 355	2 500	3 165	71	150/42/108
Karosa B 932	175	11 940	11 345	2 500	3 165	70	94/31/63
Karosa B 941	175	11 940	17 615	2 500	3 165	70–72	150/42/108
Karosa B 952	180	7 790	11 320	2 500	3 165	88	99/31/68
Karosa B 961	213	7 790	17 590	2 500	3 165	70	167/45/122
Mercedes Benz	90	2 874	6 535–6 835	2 010	2 690	147	22/16/6
Karosa–Renault City bus	186	9 840	11 990	2 500	2 924	78	99/26/73
Solaris Urbino 12	162	6 871	12 000	2 550	2 850	70	101/29/72
Solaris Urbino 12H	180	7 790	12 000	2 550	3 200	70	104/36/68
Solaris Urbino 15	191–231	9 186	14 590	2 550	2 850	70	153/40/113
Fiat - Mave CiBus	116	2 999	7 720	2 190	2 620	90	22/14/8
Irisbus Citelis 12 M	180–213	7 800	11 900	2 500	3 055	70	90/26/64

3. Technický popis vhodných systémů a vozidel

V této části popíšu palivovou soustavu vozidel na zemní plyn a popíšu palivové systémy CNG. Stručně popíšu vozidla, která jsou vhodná pro provoz na CNG v podmínkách DPO.

3.1. Popis palivové soustavy CNG

Příklad takovéto palivové soustavy je na obr. č 16.



Obr. č.16: Schéma palivové soustavy CNG [8]

1 – tlakové lahve, 2 – plnicí hrdlo NGV 1, 3 – plnicí hrdlo NGV 2, 4 – hadice, 5 – kulový kohout, 6 – manometr, 7 – elektromagnetický ventil, 8 – kulový kohout, 9 – filtr, 10 – regulátor tlaku, 11 – vstřikovače, 12 – plynové topení

Tlakové lahve (nádrže) slouží k uchování zásoby zemního plynu ve vozidle pod tlakem 20 MPa. Tlakové lahve se vyrábějí z oceli. Výrobou ocelových tlakových lahví se zabývá např. italská firma Dalmine nebo firma Vítkovice cylinders a.s. z Ostravy – Vítkovic. Jejich nevýhodou je jejich vysoká hmotnost, která je přibližně 1 kg na 1l vodního objemu. Tzn., že tlaková láhev o objemu 80 l má hmotnost přibližně 80 kg. Tyto tlakové lahve jsou umístěny v rámu vozidla a používají se u vozidel Karosa přestavěných na pohon CNG [9], [11].



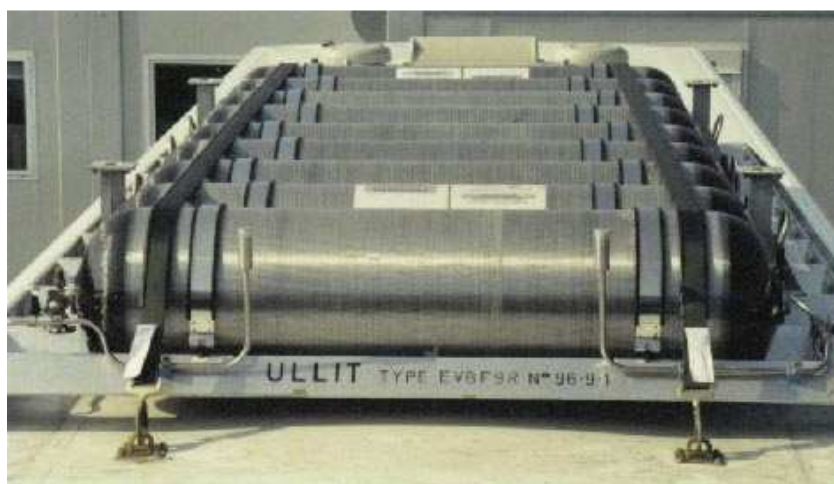
Obr. č.17: Ocelová tlaková lahev

Z důvodu snížení hmotnosti tlakových lahví se stále více začínají používat odlehčené tlakové lahve z lehkých hliníkových nebo kompozitních materiálů. Výrobou těchto tlakových lahví se zabývají např. firmy Dynetek z Kanady a francouzská firma Ullit. Tyto tlakové lahve jsou stejně pevné jako ocel, váží až 3 x méně, ale jejich cena je 2,5 – 3 x vyšší než u tlakových ocelových lahví. Protože zemní plyn je v tlakových lahvích uchován pod vysokým tlakem (přibližně 20 – 25 MPa) je na tyto odlehčené tlakové lahve navinuto speciální uhlíkové vlákno s vysokou pevností v několika vrstvách, aby se snížila roztažnost tlakových lahví [10], [12].

Odlehčené tlakové lahve se používají u sériově vyráběných vozidel, jelikož současný trend v městské a příměstské dopravě je použití nízkopodlažních autobusů, jsou tlakové lahve umístěny na střeše vozidla. Tlakové lahve jsou upevněny na střechu vozidla pomocí svařované konstrukce z hliníku popř. jiného lehkého materiálu. Výška střešní nástavby na vozidle včetně ochranného krytu je cca 500 mm. Může být i větší podle průměru použitých tlakových lahví [10].



Obr. č.18: Odlehčené tlakové lahve umístěné na střeše vozidla podélně



Obr. č.19: Odlehčené tlakové lahve umístěné na střeše vozidla napříč

Tab.č.4: Tlakové lahve na CNG

Výrobce a označení	Vodní objem [l]	Rozměry [mm]	Umístění	Materiál tlakové lahve	Hmotnost nádoby [kg]
Dalmine 90	90	273 x 1840	V rámu vozidla	ocelové	90
Dynetek Q 120	123	328 x 1840	Na střeše vozidla napříč	odlehčené	38
Dynetek Q 142	144	328 x 2130	Na střeše vozidla napříč	odlehčené	44
Dynetek Q 225	228	328 x 3280	Na střeše vozidla podélně	odlehčené	68
Ullit – typ 4	126	331 x 2050	Na střeše vozidla napříč	odlehčené	38

Provozní tlak lahví (viz tab. č. 4) je 20 MPa a maximální plnicí tlak je 26 MPa.

Tlakové lahve firmy Dynetek jsou použity u vozidel značky Irisbus a Tedom. Vozidla značky Sor používají tlakové lahve od firmy Ullit [13], [14], [15].

Tlaková zkouška plynových lahví

U ocelových tlakových lahví se nejdříve provádí odstranění vrchního nátěru lahve a pak se zkontroluje hmotnost lahve, jestli vlivem koroze lahve neubývá materiál a nesnižuje se tím její hmotnost. Dále se provede vnitřní revize pomocí technického endoskopu a hodnotí se mikrotrhliny. A pak provede tlaková zkouška. Tlaková zkouška se provádí tak, že se lahev naplní kapalinou (nejčastěji vodou) a zvýší se tlak kapaliny na 1,5 krát vyšší tlak než je hodnota provozního tlaku. Po dokončení tlakové zkoušky se na lahev opět nanese vrchní nátěr. Tlaková zkouška se provádí každých 5 let. Životnost ocelových lahví je 40 let [9], [24].

U odlehčených lahví se neprovádí tlaková zkouška, ale každé 3 roky se provádí vizuální kontrola vnitřní části tlakové lahve pomocí technického endoskopu a kontrola opásání lahve (ovinu). Kontroluje se pomocí technického endoskopu, jestli na vnitřní straně lahve nevznikají mikrotrhliny. Životnost odlehčených lahví je 15 let [10], [24].

Počet tlakových lahví přímo souvisí s dojezdem vozidla. Dojezd autobusů v městském provedení je cca 400 km, v příměstském provedení cca 650 km.

Plnění tlakových lahví se provádí plnicím ventilem.



Obr. č.20: Plnicí ventil

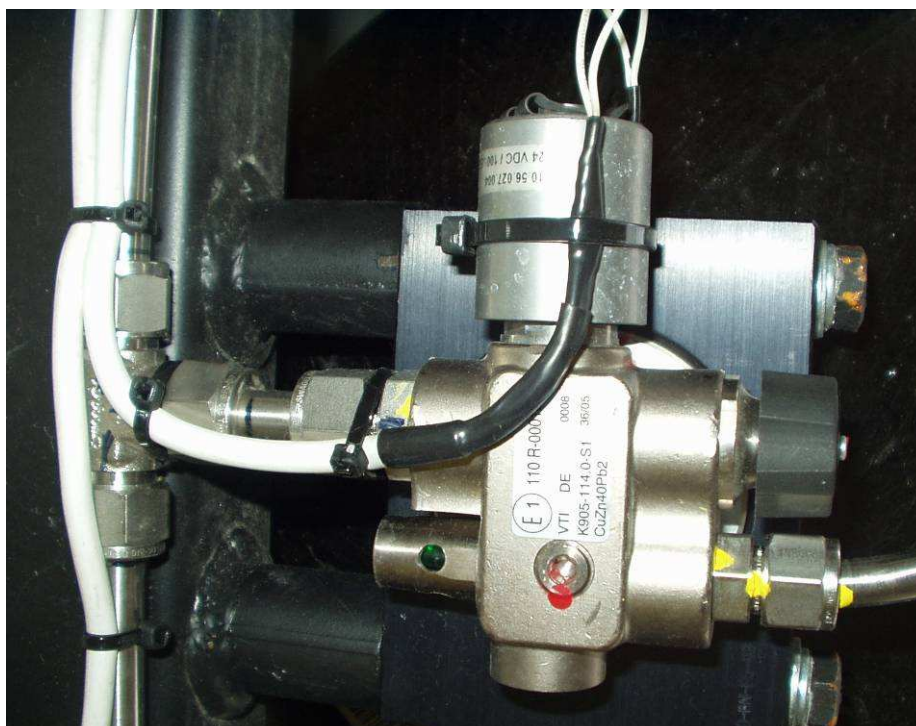
Na obr. č.20 je plnicí ventil. Ventil na levé straně (červený ochranný kryt) typ NGV 1 má menší průřez to způsobuje pomalejší plnění. Ventil na pravé straně (černý ochranný kryt) typ NGV 2 má větší průměr a umožňuje rychlejší plnění. 2 plnicí ventily jsou použity z důvodu různých průměrů připojovacích hadic u plnicích stanic [8].

Plnicí ventil musí obsahovat:

- manometr pro kontrolu tlaku v tlakových lahvích
- snadné a bezpečné připojení vysokotlaké hadice od výdejního stojanu a zajištění hadice při plnění vozidla pomocí páčky
- snímač tlaku, který ukazuje množství paliva ve vysokotlakých lahvích

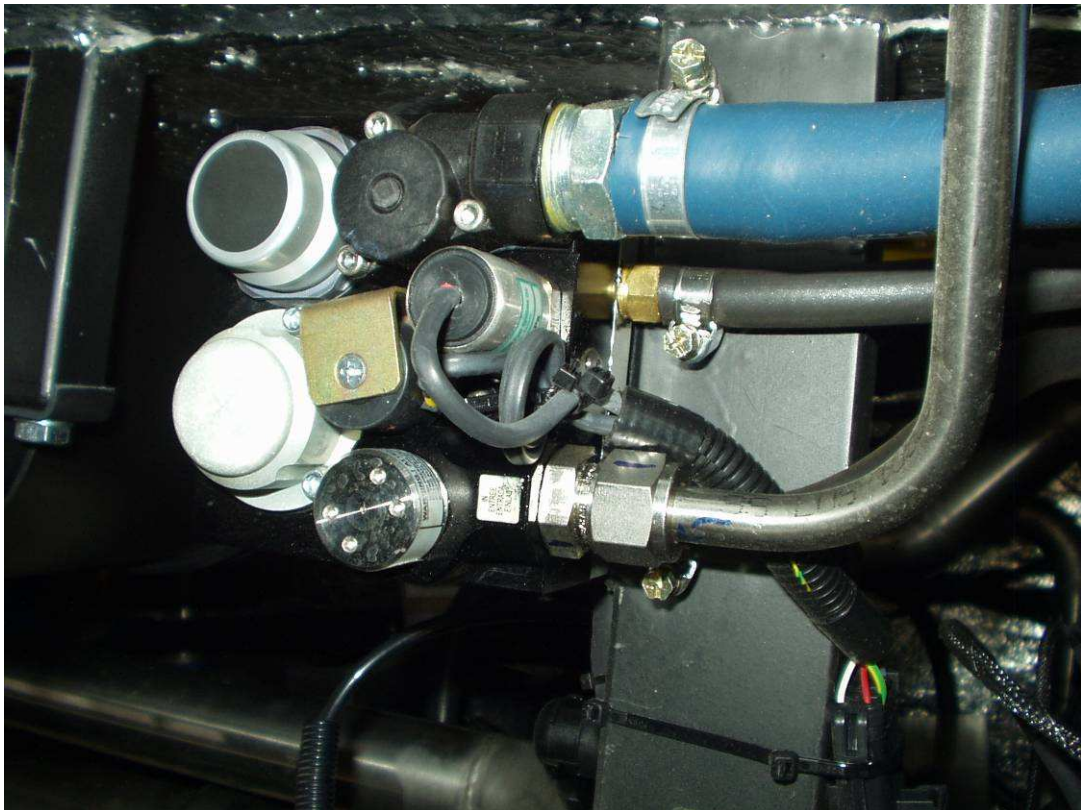
Plyn je od plnicího ventilu veden vysokotlakým potrubím přes lahvový ventil (na tlakové lahvi) do tlakových lahví. Tyto ventily umožňují, pomocí vysokotlaké trubky, propojení jednotlivých lahví. Tlakové lahve jsou propojeny sériově [8].

Lahvové ventily mohou být také nahrazeny elektromagnetickým ventilem.



Obr. č.21: Lahvový ventil

Pro přísun zemního plynu do motoru jsou tlakové nádoby spojeny prostřednictvím tlakového potrubí s regulátorem vysokého tlaku (který se zpravidla nachází v motorovém prostoru), kde se tlak snižuje na hodnotu 0,6 MPa. Z regulátoru tlaku je zemní plyn přiváděn pod tlakem 0,6 MPa do palivové lišty. Palivová lišta přivádí plyn k jednotlivým vstřikovačům, pomocí nichž je plyn vefukován před sací ventil. Při vypnutém motoru uzavírají lahvové ventily přívod plynu do motoru [8], [24].



Obr. č.22: Regulátor tlaku

Plynové motory pro nákladní automobily nebo autobusy jsou založeny na technologiích pro vznětové motory, ale motory jsou přesto vybaveny zapalovací svíčkou, protože se zemní plyn na rozdíl od motorové nafty působením tlaku nevznítí. Používají se speciálně konstruované svíčky pro zapalování plynu v motorech poháněných CNG. Např. Brisk Silver vyráběné společností Brisk Tábor, a.s. Tato zapalovací svíčka má speciální tvar jiskřiště, který umožňuje snazší přístup plynu k výboji a střední stříbrnou elektrodu s malým průměrem [8], [21], [24].



Obr. č.23: Zapalovací svíčka Brisk Silver

Tab.č.5: Technické údaje zapalovací svíčky Brisk Silver [21]

Interval výměny svíčky [km]	30 000
Závit	M 14x1,25
Délka závitů [mm]	19
Doporučený utahovací moment [Nm]	20 – 30
Rozměr klíče [mm]	16
Vzdálenost elektrod svíčky [mm]	0,55 – 0,7

3.2. Systémy CNG

Dříve se u motorů, které nebyly elektronicky řízené, používaly systémy, které regulovaly tvorbu zápalné směsi pomocí membránových regulátorů tlaku a množství plynu. Tyto membránové regulátory pracovaly tzv. na principu „nulového“ regulátoru. Tzn. tlak plynu se redukoval z 20 MPa na atmosférický tlak a ve směšovači si z tohoto regulátoru motor odsával regulované množství směsi okolo hodnoty $\lambda = 1$ [5], [24].

Tato technologie je nahrazena moderní technologií vefukování regulovaného množství plynu před sací ventily sacího potrubí motoru. Tlak, kterým je plyn vefukován před sací ventily se pohybuje v rozmezí 0,2 – 0,8 MPa. Jedná se o vícebodové vefukování plynu [5].

Moderní řídicí elektronika, která sleduje a vyhodnocuje vstupní parametry obou médií (teplota a tlak) vzduchu i plynu, řídí podle otáček a zatížení motoru předstih zážehu a složení směsi. Koriguje na základě informace z kyslíkového snímače kvalitu volnoběžné směsi, vyhodnocuje a koriguje na základě teploty výfukových plynů a plnicího tlaku složení směsi a to zejména s ohledem na kvalitu výfukových plynů s ohledem na množství škodlivin. Tyto systémy s takovým ovládáním tvorby směsi a výkonu motoru bez problému splňují emisní předpisy EURO 4 i vyšší o množství škodlivin ve výfukových plynech [5].

V současné době se snaží většina automobilek vyrábět vozidla na CNG (osobní, nákladní a také autobusy). Např. autobusy Tedom, SOR, Irisbus, Mercedes – Benz, Solaris atd.

V kapitole 1.1.2. Čechy, Morava a Slezsko jsem se zmínil, že se prováděly přestavby autobusů se vznětovými motory na pohon CNG (přibližně do roku 2000). V současné době se takovéto přestavby na CNG neprovádějí, protože je to ekonomicky nevýhodné a na nových motorech i technicky nemožné. Proto se budu dále zabývat možností pořízení nových autobusů na CNG.

3.3. Technický popis autobusů CNG

V této části jsem provedl stručný technický popis vozidel značky: SOR, Irisbus, Mercedes – Benz, Tedom a Solaris.

Tab.č.6: Přehled měst ve kterých jsou provozovány autobusy na CNG [22]

SOR	Havířov, Liberec, Ústí nad Labem, Česká Lípa, Prostějov, Znojmo, Jeseník
Irisbus	Havířov, Tábor, Prostějov, Karlovy Vary
Mercedes – Benz	Ústí nad Labem
Tedom	Liberec, Znojmo
Solaris Urbino	Bratislava, Košice (SR)

3.3.1. Technický popis autobusů značky SOR

Výrobce autobusů značky SOR s pohonem na CNG je společnost SOR s. r. o. Dříve se tato společnost zabývala výrobou zemědělské techniky. Teprve po roce 1990 se firma začala zabývat výrobou naftových a plynových autobusů. Sídlo této společnosti v ČR se nachází v Libchavech [13].

3.3.1.1. Technický popis autobusu značky SOR BN 10,5 CNG

Městský nízkopodlažní autobus SOR B 10,5 je dvounápravový třídvéřový (dvoudvéřový) autobus délky 10 470 mm, určený pro hromadnou přepravu osob na kratší vzdálenosti v městském provozu. Tomu odpovídá rozmístění sedadel s prostorem pro dětský kočárek a invalidní vozík pro přepravu tělesně postižených osob. Autobus je vybaven zařízením pro bezbariérový nástup a výstup, jeho celková přepravní kapacita je 90 osob. Standardně je vybaven samočinnou převodovkou Allison s integrovaným retardérem nebo šestistupňovou plně synchronizovanou přímo řazenou převodovkou ZF, alternativně v dvoudvéřovém provedení jako nízkopodlažní příměstský autobus se šestistupňovou plně synchronizovanou přímo řazenou převodovkou ZF. Použitý motor je značky Cummins B 5,9 230 G PLUS o výkonu 172 kW plnicí emisní předpis EURO 4 [13].

Tab.č.7: Technické údaje autobusu značky SOR BN 10,5 CNG

Motor	Výrobce	CUMMINS KANADA
	Typ	B 5,9 230 G PLUS
	Zdvihový objem [cm ³]	5 883
	Výkon [kW]/otáčky [min ⁻¹]	172/2 800
Zásobník plynu	Z lehkých materiálů	7 x 126 l
	Umístění zásobníku	Na střeše vozidla napříč
Převodovka	ZF	Přímo řazená
Rozměry	Celková délka [mm]	10 470
	Šířka [mm]	2 480
	Výška [mm]	3 124
Počet míst	Celkem / k sezení/ k stání	90/30/60
Nejvyšší rychlost [km.h⁻¹]		80
Dojezd autobusu [km]		470



Obr. č.24: Autobus značky SOR BN 10,5 CNG

3.3.1.2. Technický popis autobusu značky SOR BNG 12

Městský nízkopodlažní autobus SOR BNG 12 je dvounápravový čtyřdveřový (třídveřový) autobus délky 11 790 mm, určený pro hromadnou přepravu osob na kratší vzdálenosti v městském provozu. Tomu odpovídá rozmístění sedadel s prostorem pro dětský kočárek a invalidní vozík pro přepravu tělesně postižených osob. Autobus je vybaven zařízením pro bezbariérový nástup a výstup, jeho celková přepravní kapacita je 102 osob. Standardně je vybaven samočinnou převodovkou Allison s integrovaným retardérem nebo šestistupňovou plně synchronizovanou přímo řazenou převodovkou ZF, alternativně v dvoudveřovém provedení jako nízkopodlažní příměstský autobus se šestistupňovou plně synchronizovanou přímo řazenou převodovkou ZF. Použitý motor je značky Cummins CGe 280 o výkonu 209 kW plnicí emisní předpis EURO 4 [13].

Tab.č.8: Technické údaje autobusu značky SOR BNG 12

Motor	Výrobce	CUMMINS KANADA
	Typ	CGe 280
	Zdvihový objem [cm ³]	8 268
	Výkon [kW]/otáčky [min ⁻¹]	206/2 400
Zásobník plynu	Z lehkých materiálů	7 x 126 l
	Umístění zásobníku	Na střeše vozidla napříč
Převodovka	Allison	Samočinná
	ZF	Přímo řazená
Rozměry	Celková délka [mm]	11 770
	Šířka [mm]	2 525
	Výška [mm]	3 200
Počet míst	Celkem / k sezení/ k stání	97/28/69
Nejvyšší rychlost [km.h⁻¹]		80
Dojezd autobusu [km]		430



Obr. č.25: Autobus značky SOR BNG 12

3.3.2. Technický popis autobusů značky Irisbus Citelis

Vozidla značky Irisbus jsou vyráběna společností Irisbus Holding. Irisbus Holding je od roku 1999 společný podnik Renaultu a Iveca. Tato společnost odkoupila společnost KAROSA a.s. (dříve státní podnik KAROSA). Firma má v ČR sídlo ve Vysokém Mýtě (dříve společnost KAROSA) [14].

3.3.2.1. Technický popis autobusu značky Irisbus Citelis 12M CNG

Irisbus Citelis 12 M CNG je poháněn motorem Iveco Cursor 8 CNG (EEV). Jedná se o plně nízkopodlažní autobus s nástupní výškou u předních dveří 320 mm a u středních a zadních dveří 330 mm. Cestující mohou do vozidla nastupovat třemi dvoukřídlými dveřmi, které se otevírají dovnitř a jsou elektropneumaticky ovládané z místa řidiče. V nástupním prostoru proti středním dveřím je prostorná plošina určená především pro přepravu kočárku či vozíků invalidních osob, kterým pohodlný nástup a výstup usnadňuje i instalovaná výklopná plošina.

Dvanáctimetrová verze Citelisu CNG je vybavena osmi tlakovými lahvemi z odlehčených materiálů zn. DYNETEK o celkovém objemu 1 240 l [14].

Tab.č.9: Technické údaje autobusu značky Irisbus Citelis 12M CNG

Motor	Výrobce	IVECO, TORINO, ITÁLIE
	Typ	CURSOR F2BE0642A
	Zdvihový objem [cm ³]	7 800
	Výkon [kW]/otáčky [min ⁻¹]	200/2000
Zásobník plynu	Z lehkých materiálů	8 x 155 l
	Umístění zásobníku	Na střeše vozidla napříč
Převodovka	Voith DIWA	Samočinná
Rozměry	Celková délka [mm]	11 990
	Šířka [mm]	2 500
	Výška [mm]	3 300
Počet míst	Celkem / k sezení/ k stání	87/31/56
Nejvyšší rychlost [km.h⁻¹]		70
Dojezd autobusu [km]		580



Obr. č.26: Autobus značky Irisbus Citelis 12M CNG

3.3.2.2. Technický popis autobusu značky Irisbus Citelis 18M CNG

Prodlouženou verzí Irisbusu Citelisu 12M CNG je Irisbus Citelis 18M CNG, který je rovněž poháněn motorem Iveco Cursor 8 CNG EEV.

Irisbus Citelis 18M CNG je plně nízkopodlažní autobus s nástupní výškou u předních dveří 320 mm a u středních a zadních dveří 330 mm. Cestující mohou do vozidla nastupovat třemi dvoukřídlými dveřmi, které se otevírají dovnitř a jsou elektropneumaticky ovládané z místa řidiče. V nástupním prostoru proti středním dveřím je prostorná plošina určená zvláště pro přepravu kočárku či vozíků invalidních osob.

Karoserie je tvořena dvěma vozidly spojenými kloubem a pružným měchem. Lakování karoserie je tvořeno třemi vrstvami, a to kataforézou, plničem a dvousložkovým akrylátovým vrchním lakem. Takto provedená povrchová úprava vozu zaručuje dostatečnou odolnost vůči povětrnostním vlivům a také odpovídající stálost vzhledu karoserie [14].

Tab.č.10: Technické údaje autobusu značky Irisbus Citelis 18M CNG

Motor	Výrobce	IVECO, TORINO, ITÁLIE
	Typ	CURSOR F2BE0642C
	Zdvihový objem [cm ³]	7 800
	Výkon [kW]/otáčky [min ⁻¹]	228/1980
Zásobník plynu	Z lehkých materiálů	10 x 155 l
	Umístění zásobníku	Na střeše vozidla napříč
Převodovka	Voith DIWA	Samočinná
Rozměry	Celková délka [mm]	17 800
	Šířka [mm]	2 500
	Výška [mm]	3 300
Počet míst	Celkem / k sezení/ k stání	120/41/29
Nejvyšší rychlost [km.h⁻¹]		70
Dojezd autobusu [km]		490



Obr. č.27: Autobus značky Irisbus Citelis 18M CNG

3.3.3. Technický popis autobusu značky Tedom C12 G

Vozidla značky Tedom vyrábí společnost Tedom s.r.o. Divize Bus se sídlem v Třebíči. Zabývá se výrobou plynových i naftových autobusů. Dále se také firma Tedom zabývá výrobou naftových a plynových motorů v Jablonci nad Nisou (dříve společnost LIAZ).

Tedom C12 G je městský nízkopodlažní autobus. Hnací ústrojí tohoto vozidla tvoří plynový spalovací motor, který splňuje normu EURO 4, 5, EEV.

Tento autobus je osazen řadovým, stojatým, kapalinou chlazeným šestiválcovým motorem o zdvihovém objemu 11 946 cm³ a je uložen vzadu vlevo. Motor je přeplňován turbodmychadlem a výkon motoru činí 220 kW. Převodovka je plně samočinná s měničem točivého momentu a se zabudovaným retardérem. Na střeše autobusu jsou pod ochranným krytem umístěny 3 popř. 4 odlehčené tlakové lahve o celkovém objemu 960 až 1280 l, které umožňují dojezd autobusu 450 až 650 km [15].

Tab.č.11: Technické údaje autobusu značky Tedom C12 G

Motor	Výrobce	TEDOM, JABLONEC NAD NISOU, ČR
	Typ	TG 210 AH TA EEV
	Zdvihový objem [cm ³]	11 946
	Výkon [kW]/otáčky [min ⁻¹]	220/2 000
Zásobník plynu	Z lehkých materiálů	3 – 4 x 320 l
	Umístění zásobníku	Na střeše vozidla podélně
Převodovka	ZF	Samočinná
	Voith DIWA	Samočinná
Rozměry	Celková délka [mm]	12 330
	Šířka [mm]	2 550
	Výška [mm]	3 354
Počet míst	Celkem / k sezení/ k stání	83/29/54
Nejvyšší rychlost [km.h⁻¹]		80
Dojezd autobusu [km]		550



Obr. č.28: Autobus značky Tedom C12 G

3.3.4. Technický popis autobusů značky Mercedes – Benz Citaro

Mercedes – Benz Citaro je nízkopodlažní autobus, vyráběný společností EvoBus, kterou vlastní koncern Daimler AG. Společnost EvoBus Bohemia je odpovědná za prodej a servis autobusů Mercedes – Benz v ČR. Kromě toho vyrábí komponenty podvozků a základních konstrukcí pro téměř všechny typy autobusů Mercedes – Benz ve výrobním závodu v Holýšově na Plzeňsku [16].

3.3.4.1. Technický popis autobusu značky Mercedes – Benz Citaro CNG

Mercedes – Benz Citaro CNG je autobus s celkovou délkou 12 m. Motor typu M 447 hLAG je konstruován jako zážehový řadový šestiválcový motor s výkonem 185 kW. Motor je přepínaný turbodmychadlem s chlazením plnicího vzduchu. Motor splňuje emisní předpis EURO 4. Zásobníky plynu se nacházejí na střeše vozidla. Jsou to odlehčené tlakové lahve s objemem jedné nádrže 190 l. Počet zásobníků je 5 popř. 6 [16].

Tab.č.12: Technické údaje autobusu značky Mercedes – Benz Citaro CNG

Motor	Výrobce	MERCEDES – BENZ, NĚMECKO
	Typ	M 447 hLAG
	Zdvihový objem [cm ³]	7 653
	Výkon [kW]/otáčky [min ⁻¹]	185/2 050
Zásobník plynu	Z lehkých materiálů	5-6 x 190 l
	Umístění zásobníku	Na střeše vozidla napříč
Převodovka	ZF	Samočinná
	Voith DIWA	Samočinná
Rozměry	Celková délka [mm]	11 950
	Šířka [mm]	2 550
	Výška [mm]	3 009
Počet míst	Celkem / k sezení/ k stání	93/31/62
Nejvyšší rychlost [km.h⁻¹]		80
Dojezd autobusu [km]		620



Obr. č.29: Autobus značky Mercedes – Benz Citaro CNG

3.3.4.2. Technický popis autobusu značky Mercedes – Benz Citaro G CNG

Mercedes – Benz Citaro G CNG je kloubový autobus s celkovou délkou 18 m. V tomto vozidle je použita stejná hnací jednotka jako u 12 – ti metrové verze ale se zvýšeným výkonem na 240 kW. Zásobníky plynu se nacházejí na střeše vozidla. U této verze jsou použity zásobníky stejné konstrukce, ale jejich počet je vyšší (6 až 8) [16].

Tab.č.13: Technické údaje autobusu značky Mercedes – Benz Citaro G CNG

Motor	Výrobce	MERCEDES – BENZ, NĚMECKO
	Typ	M 447 hLAG
	Zdvihový objem [cm ³]	7 653
	Výkon [kW]/otáčky [min ⁻¹]	240/2 000
Zásobník plynu	Z lehkých materiálů	6-8 x 190 l
	Umístění zásobníku	Na střeše vozidla napříč
Převodovka	ZF	Samočinná
	Voith DIWA	Samočinná
Rozměry	Celková délka [mm]	17 940
	Šířka [mm]	2 550
	Výška [mm]	3 009
Počet míst	Celkem / k sezení/ k stání	149/49/100
Nejvyšší rychlost [km.h⁻¹]		80
Dojezd autobusu [km]		700



Obr. č.30: Autobus značky Mercedes – Benz Citaro G CNG

3.3.5. Technický popis autobusů značky Solaris Urbino

Solaris Urbino je městský nízkopodlažní autobus vyrobený polskou společností Solaris Bus & Coach S.A. u Poznaň, která vznikla v roce 2001 z firmy Neoplan Polska.

Autobusy Solaris Urbino jsou vyráběny v modifikacích – dvanáctimetrový, patnáctimetrový a osmnáctimetrový autobus [17].

3.3.5.1. Technický popis autobusu značky Solaris Urbino 12 CNG

Solaris Urbino 12 CNG je poháněn plynovým motorem Iveco Cursor 8 o zdvihovém objemu 7 800 cm³. Výkon tohoto motoru činí 200 kW při 2 000 otáčkách min⁻¹. Zásobníky plynu jsou vyrobeny z lehkých materiálů a jsou umístěny na střeše vozidla podélně. Celkový objem zásobníků je 1284 l. Dojezd tohoto autobusu je cca 620 km. Celkový počet míst je 102 osob, k sezení je 29 míst a k stání 73 [17].

Tab.č.14: Technické údaje autobusu značky Solaris Urbino 12 CNG

Motor	Výrobce	IVECO, TORINO, ITÁLIE
	Typ	CURSOR 8
	Zdvihový objem [cm ³]	7 800
	Výkon [kW]/otáčky [min ⁻¹]	200/2000
Zásobník plynu	Z lehkých materiálů	4 x 321 l
	Umístění zásobníku	Na střeše vozidla podélně
Převodovka	ZF	Samočinná
	Voith DIWA	Samočinná
Rozměry	Celková délka [mm]	12 000
	Šířka [mm]	2 550
	Výška [mm]	3 430
Počet míst	Celkem / k sezení/ k stání	102/29/73
Nejvyšší rychlost [km.h⁻¹]		80
Dojezd autobusu [km]		620



Obr. č.31: Autobus značky Solaris Urbino 12 CNG

3.3.5.2. Technický popis autobusu značky Solaris Urbino 15 CNG

Solaris Urbino 15 CNG je poháněn plynovým motorem Iveco Cursor 8 o zdvihovém objemu 7 800 cm³. Výkon tohoto motoru činí 200 kW při 2 000 otáčkách min⁻¹. 4 zásobníky plynu jsou umístěny na střeše vozidla podélně a vyrobeny jsou z lehkých materiálů. Celkový objem zásobníků je 1284 l. Dojezd tohoto autobusu je cca 600 km. Nejvyšší rychlost autobusu je 80 km.h⁻¹ [17].

Tab.č.15: Technické údaje autobusu značky Solaris Urbino 15 CNG

Motor	Výrobce	IVECO, TORINO, ITÁLIE
	Typ	CURSOR 8
	Zdvihový objem [cm ³]	7 800
	Výkon [kW]/otáčky [min ⁻¹]	200/2000
Zásobník plynu	Z lehkých materiálů	4 x 321 l
	Umístění zásobníku	Na střeše vozidla podélně
Převodovka	ZF	Samočinná
	Voith DIWA	Samočinná
Rozměry	Celková délka [mm]	14 590
	Šířka [mm]	2 550
	Výška [mm]	3 430
Počet míst	Celkem / k sezení/ k stání	142/40/102
Nejvyšší rychlost [km.h⁻¹]		80
Dojezd autobusu [km]		600



Obr. č.32: Autobus značky Solaris Urbino 15 CNG

3.3.5.3. Technický popis autobusu značky Solaris Urbino 18 CNG

Solaris Urbino 18 CNG je poháněn plynovým motorem Iveco Cursor 8 o zdvihovém objemu 7 800 cm³. Výkon tohoto motoru činí 200 kW při 2 000 otáčkách min⁻¹. 4 zásobníky plynu jsou umístěny na střeše vozidla podélně a vyrobeny jsou z lehkých materiálů. Objem jednoho zásobníku plynu je 321 l. Celkový objem zásobníků je 1284 l. Dojezd tohoto autobusu je cca 580 km. Nejvyšší rychlost autobusu je 80 km.h⁻¹[17].

Tab.č.16: Technické údaje autobusu značky Solaris Urbino 18 CNG

Motor	Výrobce	IVECO, TORINO, ITÁLIE
	Typ	CURSOR 8
	Zdvihový objem [cm ³]	7 800
	Výkon [kW]/otáčky [min ⁻¹]	200/2000
Zásobník plynu	Z lehkých materiálů	4 x 321 l
	Umístění zásobníku	Na střeše vozidla podélně
Převodovka	ZF	Samočinná
	Voith DIWA	Samočinná
Rozměry	Celková délka [mm]	18 000
	Šířka [mm]	2 550
	Výška [mm]	3 430
Počet míst	Celkem / k sezení/ k stání	157/45/112
Nejvyšší rychlost [km.h⁻¹]		80
Dojezd autobusu [km]		580



Obr. č.33: Autobus značky Solaris Urbino 18 CNG

3.4. Plnicí stanice CNG

Plnění tlakových lahví vozidel zemním plynem se provádí pomocí plnicích stanic stlačeného zemního plynu. Plnicí stanice obsahují kompresory, které odebírají zemní plyn z plynovodní sítě a plní jím tlakové nádoby ve vozidle na předem stanovený přetlak. Nedostatečná síť plnicích stanic je jedním z hlavních důvodů proč se pohon na CNG pomalu rozšiřuje, neboť rozvoj sítě plnicích stanic je pro plynofikaci dopravy v ČR rozhodujícím faktorem [1]. V příloze B je mapa ČR a na ní jsou zaznačeny plnicí stanice a v příloze C je seznam veřejných plnicích stanic CNG v ČR [23].

Mezi nejvýznamnější světové firmy, které se výstavbou plnicích stanic na zemní plyn zabývají jsou SULZER (Švýcarsko), LMF (Rakousko) a NUOVO PIGNONE (Itálie). V ČR se výstavbou plnicích stanic zabývá např. Severočeská armaturka a.s. z Ústí nad Labem, GASCONTROL s.r.o. z Havířova a RWE Plynoprojekt a.s. z Prahy.

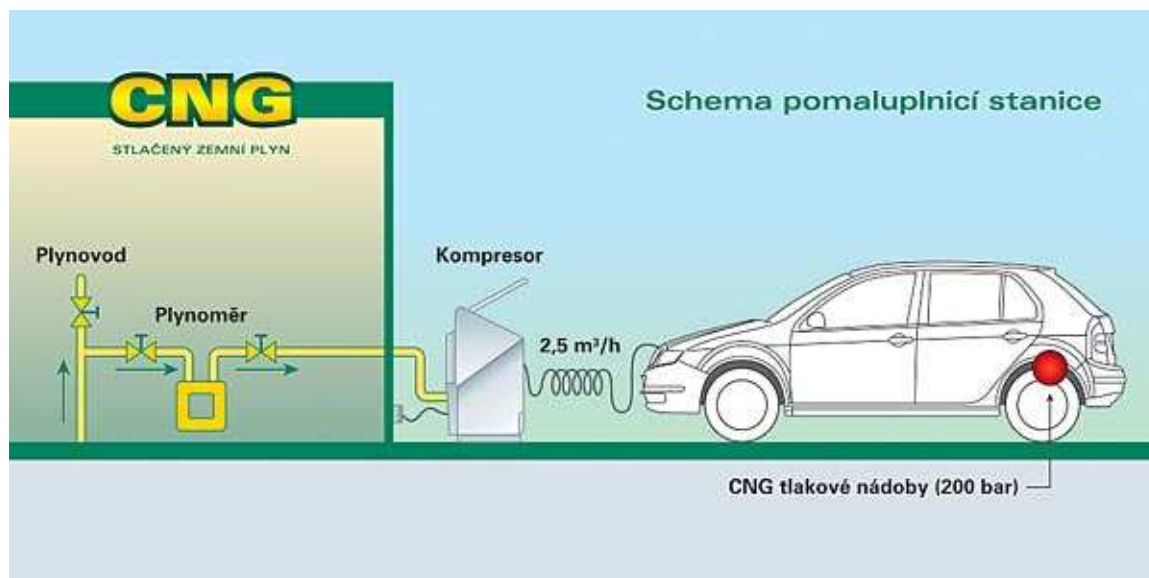
Plnicí stanice dělíme na:

Pomaluplnicí stanice

Tento typ plnicích stanic je vhodný pro domácí nebo vnitropodnikové pomalé plnění osobních a lehkých nákladních vozidel, které nejezdí nepřetržitě.

Plnění vozidel zemním plynem se provádí přímo pomocí kompresoru, přičemž může být tankováno několik vozidel současně. Plnění probíhá zpravidla několik hodin v době, kdy vozidlo není v provozu – např. v nočních hodinách nebo v přestávkách jízdy.

Norma definuje pomaluplnicí zařízení jako přístroj, jehož hlavní součástí je kompresor zemního plynu a který zároveň nezahrnuje zásobník plynu. Zařízení je limitováno maximálním výkonem $20 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$, maximálním plnicím tlakem 26 MPa a maximální skladovací kapacitou plynu $0,5 \text{ m}^3$. Např. naplnění 1 autobusu o objemu lahví 960 l a výkonu $20 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$ by trvalo cca 14 hodin [1].



Obr. č.34: Schéma pomaluplnicí stanice

Rychloplnící stanice

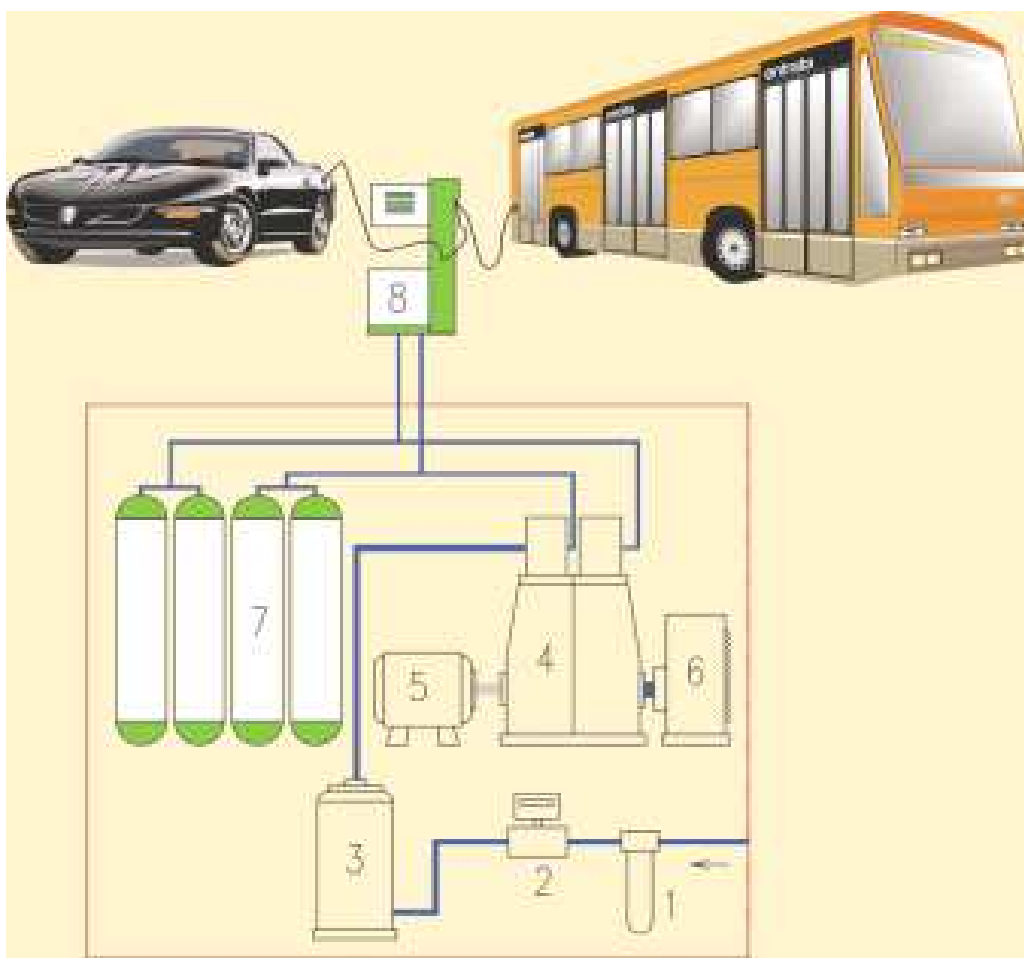
Tento typ plnicích stanic je používán pro širokou veřejnost a doba plnění vozidel u těchto stanic je srovnatelná s dobou plnění vozidel kapalnými palivy (několik minut).

Kompresor plnicí stanice odebírá zemní plyn z plynovodní přípojky a po nezbytné úpravě, tj. vysušení a odstranění mechanických nečistot, kompresor zemní plyn stlačuje v několika kompresních stupních až na tlak 25 MPa. Mechanické nečistoty mohou poškozovat zařízení plnicí stanice i plynovou soustavu vozidla. Vlhkost způsobuje zamrzání regulátoru ve vozidlech, které způsobují poruchy plynové soustavy vozidla [1].

Stlačený zemní plyn je uskladněn ve vysokotlakých zásobnících. Pro lepší využití zásobníků pro plnění vozidel bývají zpravidla rozděleny do tří dílčích sekcí, a sice do vysokotlaké, středotlaké a nízkotlaké sekce. Při plnění vozidla je nejdříve odebírán zemní plyn z nízkotlaké sekce a v případě nedostatku plynu v nízkotlaké sekci je plyn odebírán ze sekcí s vyšším tlakem. V případě nedostatku tlaku v zásobnících je automaticky (pomocí snímačů) spuštěn kompresor plnicí stanice a vozidlo je plněno přímo z kompresoru. Plnění vozidel zemním plynem se provádí pomocí výdejního stojanu. Plnicí konektor hadice výdejního stojanu („pistole“) se připojí pomocí rychloupínacího systému na plnicí ventil vozidla a stlačený zemní plyn je přepouštěn do plynových tlakových nádob ve vozidle.

Současné výdejní stojany jsou vybaveny hmotnostním měřením průtoku plynu, měřením teploty a tlaku a pomocí elektronického řízení zajišťují plnění tlakových nádrží ve vozidle na stanovený provozní tlak 20 – 25 MPa [18].

Výdejní stojany jsou většinou samoobslužné, s karetním nebo čipovým systémem registrace a platby.



Obr. č.35: Schéma rychloplnící stanice

1 – plynový filtr, 2 – měřič množství plynu, 3 – vysoušecí zařízení, 4 – kompresor, 5 – elektromotor, 6 – chladič, 7 – zásobník plynu, 8 – elektronický výdejní stojan

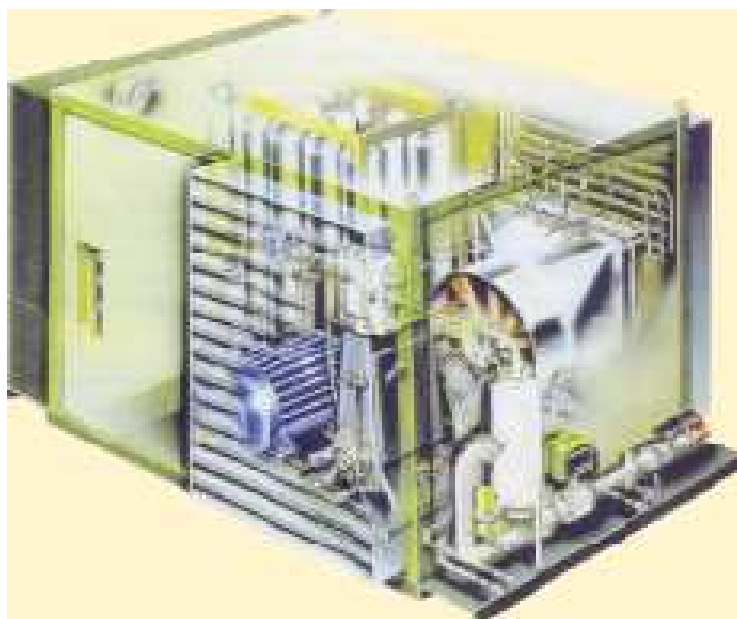
Plnicí stanice se skládá z těchto částí:

- Kompresorový modul, obsahující kompresor s elektromotorem a další zařízení, která jsou nutná pro provoz kompresoru celé plničky (obsahuje komponenty 1 až 7)
- Elektronický výdejní stojan s jednou nebo dvěma hadicemi

Kompresorový modul

Obsahuje následující komponenty [18]:

- vstupní potrubí – je jím přiváděn plyn z plynárenské sítě pod tlakem 2,5 MPa
- plynový filtr – zachycuje mechanické nečistoty obsažené v plynu
- plynoměr – přístroj, který slouží k měření objemu a spotřeby plynu je vyjádřen v m³
- vyrovnávací nádoba – odstraňuje tlakové pulsace od saní kompresoru a tím chrání funkčnost plynoměru
- vysoušecí zařízení plynu – snižuje obsah vody v zemním plynu
- kompresor – stlačuje zemní plyn v zásobnících na tlak 25 MPa, je chlazený kapalinou a poháněný je pomocí elektromotoru
- skladování stlačeného plynu – používá se větší počet lahví, podle režimu odběru plynu vozidly během dne lze tuto zásobu podle potřeby rozšířit o další lahve, které jsou umístěny mimo jednotku modulu
- výkonový kontrolní panel – řídí a kontroluje start, chod i vypínání kompresoru, monitoruje jeho chod, kontroluje přítomnost plynu v modulu a signalizuje případně různé závady

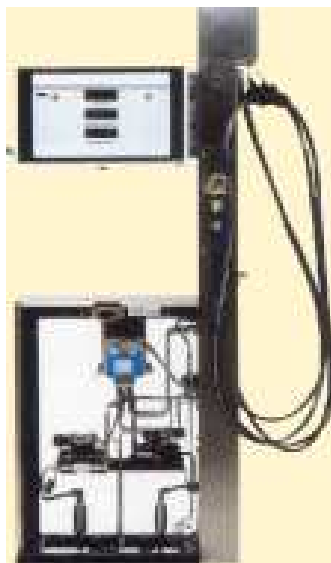


Obr. č.36: Kompresorový modul plnící stanice

Elektronický výdejní stojan

Je vybaven hmotnostním měřením množství vydaného plynu s automatickým omezením plnění z tlaku v zásobníku na bezpečný tlak v nádrži vozidla. Elektronický počítačový systém stojanu zobrazuje jednotkovou cenu, vydané množství a prodejní cenu vydaného plynu. Samoobslužná pistole jednohadicového nebo dvouhadicového stojanu umožňuje snadné a bezpečné plnění nádrže vozidla.

Displej stojanu zobrazuje případné závady po zavěšení pistole hadice do stojanu [18].



Obr. č.37: Elektronický výdejní stojan plnící stanice

4. Porovnání CNG a stávajících paliv

4.1. Zemní plyn

Zemní plyn je přírodní směs plynných uhlovodíků s převažujícím podílem metanu CH_4 a proměnlivým množstvím neuhlovodíkových plynů (zejména inertních plynů). Inertní plyny jsou takové plyny, které jsou chemicky neaktivní tzn. s ničím se neslučují.

Zemní plyn se vyskytuje velice často spolu s ropou (naftový zemní plyn) nebo s uhlím (karbonový zemní plyn). Teorie jeho vzniku se přiklání k tomu, že se postupně uvolňoval při vzniku uhlí nebo ropy jako důsledek postupného rozkladu organického materiálu.

Spalováním zemního plynu nelze žádnou energii vyrobit, ale pouze přeměnit energii v něm uloženou v energii tepelnou [19].

Zásoby zemního plynu dělíme na **prokázané, pravděpodobné a potenciální**.

Prokázané (prověřené) zásoby zemního plynu, které jsou ekonomicky těžitelné při současné technické úrovni, dosahují 164 tisíc miliard m^3 a vydrží při současné těžbě do roku 2060.

Pravděpodobné zásoby jsou zásoby objevené na ložiscích, vykazujících velmi vysokou pravděpodobnost, že budou vytěžitelná za ekonomických a technických podmínek podobných těm, které jsou u prověřených zásob. Pravděpodobné zásoby dosahují výše 347 tisíc mld. m^3 .

Potenciální zásoby jsou tzv. nekonvenční zdroje. Mezi tyto zdroje patří především hydráty metanu, což je pevná substance podobná sněhu, tvořená 20 % metanu a 80 % vody. Hydráty se nacházejí v zemské kůře pod dnem oceánů. Tyto velmi významné zásoby jsou již dlouho známy, jejich problémem je však těžba.

Celkové zásoby zemního plynu, podle informací Mezinárodní plynárenské unie, činí asi 511 tisíc miliard kubických metrů a mají životnost až 200 let [19].

Vytěžený zemní plyn je nutno před jeho dálkovou přepravou upravit na takovou kvalitu, aby ho bylo možné bez dalších úprav komerčně využívat. Technologie čištění je závislá na složení plynu. Zemní plyn se často těží z ložisek společně s ropou, takže obsahuje vysoké podíly vyšších uhlovodíků.

Dále zemní plyn zpravidla obsahuje látky, které by mohly negativně působit na distribuční systémy. Jsou to v první řadě voda a sírné látky, které by mohly způsobovat korozi zařízení. Vysoký obsah vlhkosti může být příčinou ucpávání plynovodů, protože s metanem může voda za určitého tlaku a teploty tvořit pevné hydráty. Vytěžený zemní plyn dále obsahuje prach, který by mohl být příčinou poruch kompresorových nebo regulačních stanic. Každý zemní plyn se po těžbě suší a zbavuje pevných částic (prachu), případně se odstraňují vyšší uhlovodíky a sírné látky, pokud jsou přítomny [19].

Dálková přeprava je díky vzdálenostem, na které se dnes zemní plyn přepravuje, nejnáročnějším článkem řetězce cesty zemního plynu od ložiska k zákazníkovi. Upravený zemní plyn je možné přepravovat potrubím nebo ve zkapalněném stavu tankery.

Z pohledu zásobování Evropy jsou vedle zásob na území Ruska důležité zásoby v kontinentálním šelfu Severního moře. Zde se nachází cca 80 % evropských zásob zemního plynu (kromě ložisek na území bývalého Sovětského svazu).

Česká republika nemá žádná významná ložiska zemního plynu. Těžba na jižní Moravě se pohybuje pod 100 mil. m³ plynu ročně a podílí se tak na celkové spotřebě necelým jedním procentem. Hlavními dodavateli zemního plynu do České republiky jsou Rusko a Norsko. S producenty zemního plynu v těchto zemích byly ve druhé polovině minulého desetiletí podepsány dlouhodobé kontrakty na dodávky zemního plynu.

Dodávky zemního plynu z Ruska proudí na naše území přes Slovensko a na naše území vstupují přes předávací stanici v Lanžhotě. Naproti tomu dodávky norského zemního plynu vstupují na naše území přes předávací stanici Hora Sv. Kateřiny. V současné době se složení zemních plynů dodávaných od obou hlavních dodavatelů prakticky neliší [19].

4.2. Vlastnosti zemního plynu

Díky tomu, že obsahuje především metan, má v porovnání s ostatními fosilními palivy při spalování nejmenší podíl CO₂ na jednotku uvolněné energie. Je proto považován za ekologické palivo. Ve vozidlech se využívá ve stlačené podobě (CNG).

Samotný zemní plyn je bez zápachu, proto se při jeho distribuci provádí tzv. odorizace, tj. přidávají se do něj zapáchající plyny tak, aby čichem bylo možno pocítit zemní plyn ve vzduchu v koncentraci větší než 1 % [19].

Oktanové číslo – vyjadřuje odolnost paliva proti detonačnímu spalování. Detonační spalování je charakterizováno místním vzplanutím části směsi paliva, které má charakter detonace. Tlaková vlna, vyvolaná detonačním spalováním se šíří spalovacím prostorem rychlostí zvuku a při dopadu na stěny spalovacího prostoru a dno pístu vyvolává rázy v pístové skupině a klikovém mechanismu. Detonační spalování se projevuje hlukem, které je provázeno tvrdým chodem motoru (projevuje se jako tzv. „klepání motoru“). Dlouhodobější provoz za těchto podmínek vede k havárii motoru [4].

4.3. Motorová nafta

Základní surovinou pro výrobu motorové nafty je ropa.

Ropa je definovaná jako kapalná směs uhlovodíků a proto i pro paliva z ropy je charakteristická uhlovodíková skladba. Ropa vznikla pravděpodobně v dávné minulosti rozkladem zbytků pravěkých rostlin a živočichů. Ropa je tekutá světle žlutá až temně černá hmota. Obsahuje 80 – 85 % uhlíku, 10 – 15 % vodíku, 4 – 7 % síry a malé množství dusíku. Ložiska ropy se nachází v hloubkách až několik stovek metrů, většinou mezi dvěma nepropustnými vrstvami okolních hornin a velmi často spolu se zemním plynem. Ropa při těžbě buď vyvěrá pod tlakem, nebo je čerpána. Celosvětové zásoby ropy jsou odhadovány na cca 40 let [20].

Motorová nafta slouží jako palivo pro vznětové motory a je to směs ropných kapalných uhlovodíků vroucích převážně v rozmezí 150 – 360 °C. Může obsahovat přísady ke zlepšení užitečných vlastností (depresanty – snižují bod tuhnutí, detergenty – snižují množství úsad ve vstřikovacím systému a ve spalovacích prostorech a pomáhají tyto úsady vynést z motoru, mazivostní přísady, inhibitory koroze, přísady proti pění apod.). Vyrábí se mísením petroleje s ještě těžším destilačním produktem tj. plynový olej. Petrolej a plynový olej se získává z ropy destilací. Obsah lehkých podílů je dán požadavkem na bod vzplanutí, obsah těžkých podílů je omezen vznikem úsad ve spalovacím prostoru. Ve vznětovém motoru je nafta vstřikována do stlačeného horkého vzduchu a za těchto podmínek musí proběhnout reakce vedoucí k rychlému vzrůstu teploty a vznícení palivové směsi. Pro řádný běh vznětového motoru má proto velký význam tzv. prodleva, při níž dojde k ohřátí rozprášených kapiček paliva a k jeho částečnému odpaření a dále k chemickým reakcím s kyslíkem ze vzduchu. Tato prodleva mimo jiné závisí na chemickém složení paliva, které ovlivňuje zejména podmínky při spalování (tj. vznícení a zpoždění zážehu) a kromě frakčního složení je ovlivněna cetanovým číslem [3], [4].

Cetanové číslo – charakterizuje kvalitu nafty a také je měřítkem pro průběh spalování motorové nafty. Malé cetanové číslo způsobuje, že prodleva vznícení je dlouhá a v okamžiku vznícení je ve spalovacím prostoru rozprášeno a částečně odpařeno velké množství paliva. Současně se tedy vznítí velké množství paliva, což způsobí příliš rychlý nárůst tlaku ve spalovacím prostoru motoru. Motor je hlučný a vyznačuje se tzv. „tvrdým chodem“. Nízké cetanové číslo negativně ovlivňuje spotřebu a výkon motoru.

Velké cetanové číslo způsobuje, že prodleva vznícení je krátká, palivo začíná hořet velmi blízko u trysky. To vede k tomu, že palivo nedostatečně promícháno se vzduchem, dochází k nedokonalému hoření za značného vývinu sazí. Blízkost plamene u trysky pak často způsobuje její tzv. „zapečení“, tj. vznikají karbonové úsady ucpávající vstřikovací otvory trysky, popř. zadření jehly trysky [3], [4].

Cetanové číslo má vliv na studený start motoru, hluk a emise motoru.

Použití paliva s nesprávným cetanovým číslem, které neodpovídá konstrukčním požadavkům motoru, vede k nesprávnému spalování, nerovnoměrnému a zvýšenému zatížení motoru a ke zvýšenému opotřebení motoru.

Motorové nafty s cetanovým číslem nižším než 35 těžko startují, jejich hoření je nárazové a tvoří zvýšený obsah sazí ve výfukových plynech.

Cetanový index – byl zaveden pro porovnání naftových paliv z hlediska jejich cetanového čísla, které charakterizuje zpoždění teplotního vznětu při spalování ve vznětovém motoru. Cetanové číslo lze změřit pouze na zkušebním motoru ale cetanový index je hodnota vypočítaná [3], [4].

4.4. Vlastnosti motorové nafty

Motorová nafta je díky svému složení závislá na teplotě prostředí. Obsahuje složky, které mají při nižších teplotách sklon krystalizovat a dále pak vytvářet krystalickou mříž, která znemožňuje tečení motorové nafty. Základním kritériem pro hodnocení motorové nafty je filtrovatelnost [3], [4].

Filtrovatelnost – udává použitelnost motorové nafty v závislosti na klimatických podmínkách. Je to teplota, při které motorová nafta za přesně definovaných podmínek přestává protékat přes filtr s definovanými póry v důsledku jeho zanesení vyloučenými krystaly parafínů [3], [4].

Motorová nafta je citlivá na pokles teploty. Při poklesech teplot pod bod mrazu dochází u motorové nafty k vylučování parafínu, který je svou strukturou podobný vosku. Čím je teplota nižší, tím větší množství parafínu se vylučuje a tím více se zanáší čistič nejen paliva, ale i palivové potrubí a síťka bránící nasání nečistot z nádrže do palivového systému motoru. Z těchto důvodů jsou do distribuční sítě ČR dodávány 2 druhy nafty pro letní a zimní období [3], [4].

Tab.č.17: Druhy motorové nafty

Obchodní název	Hustota při 15 °C [kg.m ⁻³]	Cetanový index min.	Viskozita při 40 °C [mm ² .s ⁻¹]	Filtrovatelnost t [°C] max.	Obsah síry [mg.kg ⁻¹]
NM – třída A	820 – 845	46	2,0 – 4,5	+5	50
NM – třída B	820 – 845	46	2,0 – 4,5	0	50
NM – třída C	820 – 845	46	2,0 – 4,5	-5	50
NM – třída D	820 – 845	46	2,0 – 4,5	-10	50
NM – třída E	820 – 845	46	2,0 – 4,5	-15	50
NM – třída F	820 – 845	46	2,0 – 4,5	-20	50
NM – třída 1	820 – 840	46	1,5 – 4,0	-26	50
NM – třída 2	820 – 840	46	1,5 – 4,0	-32	50

Do distribuční sítě ČR bývá dodávána motorová nafta třídy B se zaručenou filtrovatelností 0 °C (letní období). Dále pak motorová nafta třídy F se zaručenou filtrovatelností -20 °C (zimní období). V případě velmi nízkých teplot se dodává motorová nafta pro arktické klimatické podmínky. V klimatických podmínkách ČR jsou to motorová nafta třídy 1 s filtrovatelností -26 °C a motorová nafta třídy 2 s filtrovatelností -32 °C (tab. č. 17, 18) [3], [4].

Tab.č.18: Motorová nafta v ČR pro letní a zimní období

Obchodní název	Období		Filtrovatelnost
	Letní	1.4. – 31.10.	
NM – třída B			max. 0°C
NM – třída F	Zimní	1.11. – 31.3.	max. - 20°C

4.5. Srovnání CNG a motorové nafty

Výhody CNG oproti motorové naftě [4], [5]

- snížení emisí ve výfukových plynech pevných částic PM a dále oxidů dusíku NO_x, oxidu uhelnatého CO, oxidu uhličitého CO₂ (viz příloha D)
- emise výfukových plynů z motorů na zemní plyn neobsahují oxid siřičitý SO₂
- do zemního plynu se nepřidávají žádná aditiva
- lepší směřování zemního plynu se vzduchem umožňuje rovnoměrnost palivové směsi a možnost pracovat s vysokým součinitelem přebytku vzduchu ($\lambda > 1$ chudá směs).
- plynový motor má tišší chod, úroveň hluku plynových autobusů oproti autobusům se vznětovým motorem je díky „měkčímu“ spalování nižší o 50 % vně vozidel a o 60 – 70 % uvnitř vozidel
- zemní plyn má velmi dobré antidetonační účinky (vysoké oktanové číslo 115 – 120)
- při plnění tlakových lahví zemním plynem nevznikají žádné ztráty paliva (zemní plyn se neodpařuje jako motorová nafta)
- nemožnost kontaminace půdy zemním plynem v důsledku úniku zemního plynu
- nízká pořizovací cena zemního plynu
- zemní plyn je oproti motorové naftě lehčí než vzduch
- tlakové lahve jsou umístěny na střeše vozidla a v případě úniku zemního plynu stoupá vzhůru
- tlakové lahve na zemní plyn vyrobené z oceli, hliníku nebo z kompozitových materiálů jsou bezpečnější než nádrže na motorovou naftu
- vyšší celosvětové zásoby zemního plynu
- jednodušší distribuce plynu k uživateli, protože zemní plyn je přepravován již vybudovanými plynovody, jeho používáním se snižuje počet cisternových nákladních vozidel pomocí nichž je přepravována motorová nafta
- zemní plyn nelze zcizit jako motorovou naftu

- v průběhu kalendářního roku je nutné použít 2 druhů motorové nafty pro období letní a zimní
- u moderních vznětových motorů se do výfukových plynů přidává ad blue (močovina), spotřeba ad blue je cca 4% na 1 litr motorové nafty

Nevýhody CNG oproti motorové naftě [4], [5]

- plynový motor produkuje pevné částice 2,5 μm a menší, které člověk není schopen vykašlat a tyto částice se vdechnutím dostávají do plic a dále do krevního oběhu – jsou rakovinotvorné
- malý počet plnicích stanic CNG brání většímu rozvoji použití zemního plynu v dopravě
- malý objemový energetický obsah (nutnost stlačování na vysoké tlaky popř. zkapalňování, které tuto problematiku řeší ale na úkor velké hmotnosti popř. vyšší ceny zásobníku paliva)
- menší dojezd vozidla
- motorová nafta na rozdíl od zemního plynu zaujímá při skladování menší objem
- s motorovou naftou je snadnější manipulace než se zemním plynem

V tab. č.19 je srovnání energetických vlastností stlačeného zemního plynu a motorové nafty [3].

Tab.č.19: Srovnání energetických vlastností paliv

	CNG	Motorová nafta
Chemická značka	CH ₄	C _x H _{1,9x}
Převažující uhlovodíky	CH ₄	C ₁₀ až C ₂₂
Hustota paliva [kg.m ⁻³]	140*)	800 – 845
Měrná hmotnost kapaliny při bodu varu [kg.m ⁻³]	415	840
Měrná hmotnost plynu 0 °C, 100 kPa [kg.m ⁻³]	0,740	-
Výhřevnost [MJ.kg ⁻¹]	50,0	42,5
Teplota vznícení [°C]	650	250
Zápalná teplota [°C]	680 – 750	330 – 350
Meze hořlavosti [obj.%]	5,00 – 15,00	0,60 – 6,50
Stupeň komprese	11 – 15	14 – 22
Oktanové číslo	130	-
Cetanové číslo	-	51
λ (vzduch/palivo) [kg.kg ⁻¹]	17,2	14,6
Bod/rozmezí varu[°C]	-162	150 – 360
Výparné teplo [kJ.kg ⁻¹]	555	180
Obsah uhlíku [%]	75,25	86,0
Obsah vodíku [%]	24,75	13,4
Obsah kyslíku [%]	0	až 0,6
Bod tuhnutí [°C]	-183	0 až -32

*) při tlaku 20 MPa a teplotě 0 °C

5. Technické, provozní a ekonomické zhodnocení

V této části kapitoly se budu zabývat souhrnným technicko – provozně – ekonomickým zhodnocením plynofikace MHD.

5.1. Technické zhodnocení

V minulosti byly systémy CNG velmi poruchové a to byl také důvod odklonu od těchto systémů. Takže byly s těmito systémy negativní zkušenosti. S technickým pokrokem se dnes tyto systémy dostaly na profesionální úroveň. Pohon CNG není ovšem v současné době použitelný pro všechna silniční vozidla. Hlavním důvodem je, že nelze vytvořit obdobnou zásobu paliva jako u klasických paliv. Tato technologie je vhodná pro městskou a příměstskou dopravu protože na tyto vzdálenosti zásoba stačí [5].

5.2. Provozní zhodnocení

DPO má v Ostravě 2 provozovny na autobusy (na Hranečnicku a v Porubě). Vozidla s pohonem na zemní plyn by parkovala v areálu DPO na Hranečnicku, protože by také v tomto areálu byla postavena nová plnicí stanice na CNG a vozidla by měla blízko k plnicí stanici CNG. Postavit plnicí stanici v Porubě není možné z důvodu zástavby bytovými jednotkami, ovšem na Hranečnicku tato nevýhoda odpadá [2].

Kdyby vozidla na CNG parkovala v Porubě a plnicí stanice CNG by byla postavena na Hranečnicku bylo by to neekonomické, protože by vozidla na CNG musela přejíždět mezi těmito provozovnami z důvodu plnění vozidla zemním plynem. Přejížděním by vznikaly nevyužitě km a bylo by to časově náročné, protože vzdálenost mezi provozovnou na Hranečnicku a provozovnou v Porubě je cca 15 km a doba jízdy je přibližně 30 – 45 min (záleží na hustotě provozu) [2].

5.3. Ekonomické zhodnocení

V této části se zaměřím na návrh plnicí stanice CNG a její ekonomické zhodnocení. V dalším bodě vypočítám ekonomické srovnání autobusů na motorovou naftu a na CNG a

vypočítám návratnost plynofikace dopravy při pořízení vlastní plnící stanice a nákupu nových plynových autobusů.

5.3.1. Ekonomické zhodnocení plnící stanice

Společnost RWE nabízí DPO při pronájmu plnící stanice CNG cenu za 1 Nm³ plynu 16,70 Kč. Kdyby si společnost DPO postavila svou vlastní plnící stanici byla cena za 1 Nm³ plynu 11,45 Kč. V tab. č. 20 jsou vypočítány náklady na provoz plynového a naftového autobusu v případě vlastní plnící stanice (11,45 Kč/ Nm³). V tomto případě je výhodný provoz na zemní plyn oproti motorové naftě kde roční úspora na palivu při průměrném proběhu 75 000 km 1 vozidla za 1 rok činí 209 020 Kč. Průměrné spotřeby zemního plynu a motorové nafty jsou použity z vozidla Irisbus Citelis 12M.

Tab.č.20: Srovnání nákladů zemního plynu a motorové nafty při použití vlastní plnící stanice

Cena zemního plynu [Kč/Nm ³]	11,45
Cena motorové nafty [Kč/l]	22,60
Průměrná spotřeba zemního plynu [Nm ³ /100 km]	53,25
Průměrná spotřeba motorové nafty [l/100 km]	39,31
Náklady na provoz vozidla na zemní plyn / 100 km [Kč]	609,712
Náklady na provoz vozidla na motorovou naftu / 100 km [Kč]	888,406
Náklady na provoz vozidla na zemní plyn / 1 km [Kč]	6,09712
Náklady na provoz vozidla na motorovou naftu / 1 km [Kč]	8,88406
Rozdíl nákladů na provoz motorová nafta – zemní plyn / 100 km [Kč]	278,694
Rozdíl nákladů na provoz motorová nafta – zemní plyn / 1 km [Kč]	2,78694
Roční úspora nákladů na 1 vozidlo při proběhu 75 000 km/rok [Kč]	209 020

V tab. č. 21 jsou srovnány náklady na provoz autobusů na zemní plyn a na motorovou naftu při pronájmu plnící stanice od společnosti RWE. Společnost nabízí cenu 16,70 Kč/ Nm³ zemního plynu. V tomto případě je provoz autobusů na zemní plyn oproti motorové naftě nevýhodný. Roční ztráta na 1 vozidlo při proběhu 75 000 km/ 1 vozidlo činí 651,75 Kč.

Tab.č.21: Srovnání nákladů zemního plynu a motorové nafty při pronájmu plnicí stanice od společnosti RWE

Cena zemního plynu [Kč/Nm ³]	16,70
Cena motorové nafty [Kč/l]	22,60
Průměrná spotřeba zemního plynu [Nm ³ /100 km]	53,25
Průměrná spotřeba motorové nafty [l/100 km]	39,31
Náklady na provoz vozidla na zemní plyn / 100 km [Kč]	889,275
Náklady na provoz vozidla na motorovou naftu / 100 km [Kč]	888,406
Náklady na provoz vozidla na zemní plyn / 1 km [Kč]	8,89275
Náklady na provoz vozidla na motorovou naftu / 1 km [Kč]	8,88406
Rozdíl nákladů na provoz motorová nafta – zemní plyn / 100 km [Kč]	-0,869
Rozdíl nákladů na provoz motorová nafta – zemní plyn / 1 km [Kč]	-0,00869
Roční ztráta na 1 vozidlo při proběhu 75 000 km/rok [Kč]	-651,75

Z těchto výpočtů vyplývá, že při plynifikaci dopravy v Ostravě je výhodné pro DPO postavit vlastní plnicí stanici na CNG. Pronájem plnicí stanice od společnosti RWE za cenu 16,70 Kč/Nm³ zemního plynu není výhodné.

5.3.1.1. Návrh plnicí stanice CNG

Nedostatek plnicích stanic CNG v ČR je významným faktorem který negativně ovlivňuje rozvoj dopravy na zemní plyn. V Ostravě je plnicí stanice CNG na ulici Plynární 2748/6 a jejím provozovatelem je společnost Severomoravská plynárenská a.s [1].

Plnicí stanice CNG bude umístěna v oplocené části areálu DPO ve Slezské Ostravě na ulici Počáteční 1962/36, 710 00 a bude využívána pro plnění vozidel stlačeným zemním plynem. DPO má k dispozici návrh plnicí stanice od firmy Skácel gas s.r.o. (tab. č. 22) [2].

Tab.č.22: Základní technické údaje plnicí stanice

Hodinový výkon kompresoru [m ³ .hod ⁻¹]	900
Počet instalovaných kompresorů [ks]	2
Celkový výkon plnicí stanice [m ³ .hod ⁻¹]	1 800
Příkon kompresoru [kW]	110
Celkový příkon včetně pomocných technologických zařízení [kW]	cca 250
Vstupní tlak [MPa]	1,5 – 1,7
Výstupní tlak [MPa]	20 – 25
Celkový počet tlakových lahví [ks]	49
Celkový objem tlakového zásobníku [l]	3 920

Zásobníky plynu – tlakový zásobník je tvořen souborem tlakových lahví umístěných v nosné konstrukci.

U nové plnicí stanice bude použit 1 výdejový dvouhadicový stojan.

Provozní tlak tlakových lahví je 25 MPa. Jednotlivé lahve jsou navzájem propojeny vysokotlakým ocelovým potrubím.

Pro DPO byla vypracována cenová nabídka plnicí stanice CNG (viz tab.č.23).

Tab.č.23: Cenová nabídka plnicí stanice

Cena stavby plnicí stanice [Kč]	25 170 000
Úprava trafostanice [Kč]	1 500 000
Cena technologie [Kč]	2 000 000
Výstavba vysokotlakého potrubí [Kč]	4 000 000
Celková cena výstavby plnicí stanice [Kč]	32 670 000

Uvedené ceny jsou bez DPH. Při stavbě plnicí stanice je nutné z důvodu nedostatečného výkonu trafostanice provést její rekonstrukci. Do ceny technologie patří např. úprava dílen, montáž snímačů úniku zemního plynu do garáží a hal kde se bude provádět údržba a opravy, školení pracovníků, pořízení speciálního nářadí atd. Dále je nutná výstavba vysokotlakého potrubí pro přívod zemního plynu do plnicí stanice. Délka potrubí je cca 1,5 km.

Z tab. č. 24 vyplývá že při zvyšujícím se počtu vozidel doba návratnosti investice plnicí stanice klesá. V tab. č. 25 je vypočítaná návratnost plnicí stanice. Návratnost 5,2 let je vypočítaná pro 30 vozidel na CNG. Při větším počtu vozidel je doba návratnosti kratší.

Tab.č.24: Výhodnost plnicí stanice v závislosti na počtu vozidel

Počet vozidel	Návratnost [let]
20	7,8
25	6,3
30	5,2
35	4,5
40	3,9

Tab.č.25: Návratnost plnící stanice

Roční spotřeba plynu [Nm ³]	1 198 125
Roční spotřeba nafty [l]	884 475
Náklady na zemní plyn [Kč]	13 718 531
Náklady na motorovou naftu [Kč]	19 989 135
Roční úspora nákladů na palivo [Kč]	6 270 604
Návratnost investice plnící stanice [let]	5,2

Vzhledem k tomu že Ostrava je v regionu ekologicky zatíženém je reálné žádat o dotaci na stavbu plnící stanice. ČSAD Havířov získala v roce 2006 na stavbu plnící stanice 35% z Evropské unie a 17,5% z Ministerstva dopravy.

Kdyby se podařilo DPO získat dotaci na stavbu plnící stanice ve stejné procentuální výši jako ČSAD Havířov celková cena stavby plnící stanice by byla nižší (viz tab. č. 26).

Tab.č.26: Dotace na plnící stanici

Celková cena výstavby plnící stanice [Kč]	32 670 000
Výše dotace z Evropské unie (35%) [Kč]	11 434 500
Výše dotace z Ministerstva dopravy (17,5%) [Kč]	5 717 250
Celková cena výstavby plnící stanice po získání dotací [Kč]	15 518 250

Cena plnící stanice po získání dotací z Evropské unie a z Ministerstva dopravy (dohromady 52,5%) by byla 15 518 250 Kč bez DPH.

5.3.2. Ekonomické zhodnocení autobusů

V této části jsem provedl ekonomické srovnání autobusů na motorovou naftu a na CNG.

V tab. č. 28 jsem provedl výpočet výhodnosti naftového a plynového autobusu Irisbus Citelis 12M. Jsou zde zohledněny pouze náklady na palivo. Cena naftového autobusu je zvýhodněna státní dotací 1 000 000 Kč, na plynový autobus je státní dotace ve výši 1 700 000 Kč (tab.č.27). Při ročním provozu plynového autobusu dojde k úspoře na palivu ve výši 209 020 Kč, denní úspora činí 836 Kč a úspora na 1 km je 2,79 Kč. Při zohlednění nákladů pouze na palivo vychází návratnost investice plynového autobusu 1,9 let. Stejným způsobem jsem provedl výpočty pro další vozidla. Z důvodu nedostatku informací jsem provedl

porovnání naftového a plynového autobusu pouze z hlediska nákladů na palivo (dle tab. č. 28). Tyto výpočty jsou uvedeny v příloze A. Ceny vozidel a ceny paliv jsou bez DPH.

Tab.č.27: Přehled dotací na naftové a plynové autobusy

	Naftový autobus	Plynový autobus
Dotace od ministerstva dopravy (pro vozidla do délky 13 m) [Kč]	1 000 000	1 000 000
Dotace od ministerstva dopravy (pro vozidla nad délku 13 m) [Kč]	1 300 000	1 300 000
Dotace od ministerstva životního prostředí [Kč]	-	500 000
Dotace od společnosti RWE [Kč]	-	200 000

Tab.č.28: Srovnání nákladů provozu autobusů na zemní plyn a na motorovou naftu za 1 rok při ročním proběhu 75 000 km

Irisbus Citelis 12M		Irisbus Citelis 12M CNG	
Naftový autobus		Plynový autobus	
Pořizovací cena [Kč]	5 763 000	Pořizovací cena [Kč]	6 850 000
Výše státní dotace [Kč]	1 000 000	Výše státní dotace [Kč]	1 700 000
Pořizovací cena po odečtení dotace [Kč]	4 763 000	Pořizovací cena po odečtení dotace [Kč]	5 150 000
Počet ujetých km/rok	75 000	Počet ujetých km/rok	75 000
Průměrný počet ujetých km/den	300	Průměrný počet ujetých km/den	300
Průměrná spotřeba nafty [l/100 km]	39,31	Průměrná spotřeba plynu [Nm ³ /100 km]	53,25
Cena za 1 l nafty [Kč]	22,6	Cena za 1 Nm ³ plynu [Kč]	11,45
Množství nafty na 1 rok provozu [l]	29 482,5	Množství plynu na 1 rok provozu [Nm ³]	39 937,5
Množství nafty na 1 den provozu [l]	117,9	Množství plynu na 1 den provozu [Nm ³]	159,8
Náklady na PHM za 1 rok [Kč]	666 304,5	Náklady na PHM za 1 rok [Kč]	457 284,5
Náklady na PHM za 1 den [Kč]	2 665,3	Náklady na PHM za 1 den [Kč]	1 829,2
Náklady na PHM na 1 km [Kč]	8,88	Náklady na PHM na 1 km [Kč]	6,09
Úspora nákladů při provozu plynového autobusu proti naftovému			
Roční provoz [Kč]	209 020		
Denní provoz [Kč]	836		
Úspora na 1 km [Kč]	2,79		
Návratnost [let]	1,9		

Musím také brát v úvahu náklady na údržbu naftového a plynového autobusu. V tab. č. 29 jsou vypočteny celkové náklady na údržbu za 1 rok provozu na 1 vozidlo. Výpočty jsou provedeny pro vozidlo značky Irisbus Citelis 12 M. Z tabulky je zřejmé, že plynový autobus je

náročnější na pravidelnou údržbu. Je nutná výměna motorového oleje, olejového filtru, zapalovacích svíček a lambda sondy každých 30 000 km (předpis výrobce). U naftového autobusu se během 1 roku provozu mění motorový olej a olejový filtr v intervalu 60 000 km a také se musí provádět pravidelná údržba soustavy ad blue. Celkové náklady na 1 plynový autobus za 1 rok provozu činí 24 598 Kč. U naftového autobusu činí tyto náklady 5 911 Kč.

Tab.č.29: Srovnání nákladů na údržbu autobusů na zemní plyn a na motorovou naftu za 1 rok při ročním proběhu 75 000 km

	Naftový autobus	Plynový autobus
Výměna oleje [Kč/rok] (60 000 km)	3 444	-
Výměna filtru [Kč/rok] (60 000 km)	936	-
Vyčištění soustavy ad blue a výměna vložky filtru + práce [Kč] (60 000 km)	1 531	-
Kontrola těsnosti plynového zařízení [Kč/rok]	-	5 808
Výměna oleje [Kč/rok] (30 000 km)	-	6 888
Výměna filtru [Kč/rok] (30 000 km)	-	1 872
Výměna lambda sondy a zapalovacích svíček + práce [Kč/rok] (30 000 km)	-	10 030
Celkové náklady na údržbu na 1 vozidlo/rok [Kč/rok]	5 911	24 598

Z tab. č. 30 vyplývá, že při 28 vozidlech je, při srovnání celkových nákladů zemního plynu a motorové nafty, provoz na zemní plyn nevýhodný. Se zvyšujícím se počtem vozidel je provoz na zemní plyn výhodnější než na motorovou naftu.

V tab. č. 31 jsou porovnány celkové náklady na pořízení vozidlového parku a náklady na údržbu naftového a plynového autobusu včetně paliva. V tabulce jsem počítal se státními dotacemi. Dotaci na plynový autobus 500 000 Kč je možné získat na 1/2 vozidlového parku a činí 7 500 000 Kč, dotace 1 200 000 Kč je poskytnuta na všechna vozidla. Dotace na naftové autobusy jsou poskytnuty rovněž na všechna vozidla ve výši 1 000 000 Kč na jedno vozidlo. Na chybějící finanční prostředky je poskytnuta půjčka. Ve výpočtech je také zahrnuta cena nové plnicí stanice 32 670 000 Kč včetně úprav, na kterou je rovněž poskytnuta půjčka. Do celkových nákladů jsou promítnuty také roční úroky z půjček na dobu splatnosti 10 let s úrokem 7,85 %.

Níže uvedená tab. č. 31 zobrazuje náklady na první rok provozu. V dalších letech se budou celkové náklady snižovat v závislosti na splácení půjček a snižování úroků z jistiny. Z výpočtů je zřejmé, že nákup plynových autobusů je výhodný při 30 vozidlech a návratnost

této investice je 3,1 let. Stejným způsobem jsem provedl srovnání celkových nákladů bez pořízení půjčky (tab. č. 34).

Tab.č.30: Výhodnost provozu plynového autobusu proti naftovému v závislosti na počtu vozidel (při sjednání půjčky)

Počet vozidel	Návratnost [let]
28	Provoz na zemní plyn není výhodný
29	5,7
30	3,1
31	1,9

Tab.č.31: Srovnání celkových nákladů na palivo a údržbu autobusů na zemní plyn a na motorovou naftu po získání dotací na vozidlový park (při sjednání půjčky)

	1 naftový autobus	1 plynový autobus	30 naftových autobusů	30 plynových autobusů
Pořizovací cena vozidla [Kč]	5 763 000	6 850 000	172 890 000	205 500 000
Výše státní dotace na vozidlo [Kč]	1 000 000	1 700 000	30 000 000	43 500 000
Pořizovací cena po odečtení dotace [Kč]	4 763 000	5 150 000	142 890 000	162 000 000
Roční odpis vozidla [Kč] (10 let)	476 300	515 000	14 289 000	16 200 000
Počet vozidel	30			
Náklady na údržbu vozidel [Kč]	5 911	24 598,5	177 300	737 955
Náklady na palivo 1 km (75000 km/rok) [Kč]	8,88	6,09	19 980 000	13 702 500
Cena plnicí stanice [Kč]		32 670 000		
Výše státní dotace na plnicí stanici [Kč]		0		
Roční odpis plnicí stanice [Kč] (10 let)				3 267 000
Roční úrok plnicí stanice [Kč]				256 460
Roční úrok autobusů [Kč]			1 121 687	1 212 825
Celkové roční náklady [Kč]			35 568 017	35 376 740
Úspora ročních nákladů při provozu plynových autobusů proti naftovým [Kč]				191 277
Návratnost investice plynového autobusu [let]		3,1		

Tab.č.32: Možnosti financování plynofikace MHD v Ostravě (při sjednání půjčky)

Možnosti financování plynofikace	Počet vozidel	Návratnost [let]
Financování bez dotace na autobusy a plnicí stanici	51	4,9
Financování po získání dotací na vozidlový park	30	3,1
Financování po získání dotací na vozidlový park a dotace na stavbu plnicí stanice ve výši 52,5 %	16	2,2

V tab. č. 31 jsem porovnal možnosti financování plynofikace MHD v Ostravě. Jsou zde také uvedeny počty vozidel, při kterých je provoz na zemní plyn výhodnější než na motorovou naftu.

Tab.č.33: Výhodnost provozu plynového autobusu proti naftovému v závislosti na počtu vozidel (bez půjčky)

Počet vozidel	Návratnost [let]
25	Provoz na zemní plyn není výhodný
26	12,3
27	3,2
28	1,4

Tab.č.34: Srovnání celkových nákladů na palivo a údržbu autobusů na zemní plyn a na motorovou naftu po získání dotací na vozidlový park (bez půjčky)

	1 naftový autobus	1 plynový autobus	27 naftových autobusů	27 plynových autobusů
Pořizovací cena vozidla [Kč]	5 763 000	6 850 000	155 601 000	184 950 000
Výše státní dotace na vozidlo [Kč]	1 000 000	1 700 000	27 000 000	39 150 000
Pořizovací cena po odečtení dotace [Kč]	4 763 000	5 150 000	128 601 000	145 800 000
Roční odpis vozidla [Kč] (10 let)	476 300	515 000	12 860 100	14 580 000
Počet vozidel	27			
Náklady na údržbu vozidel [Kč]	5 911	24 598,5	159 597	664 159
Náklady na palivo 1 km (75000 km/rok) [Kč]	8,88	6,09	17 982 000	12 332 250
Cena plnicí stanice [Kč]		32 670 000		
Výše státní dotace na plnicí stanici [Kč]		0		
Roční odpis plnicí stanice [Kč] (10 let)				3 267 000
Celkové roční náklady [Kč]			31 001 697	30 843 410
Úspora ročních nákladů při provozu plynových autobusů proti naftovým [Kč]				158 287
Návratnost investice plynového autobusu [let]		3,2		

Tab.č.35: Možnosti financování plynofikace MHD v Ostravě (bez půjčky)

Možnosti financování plynofikace	Počet vozidel	Návratnost [let]
Financování bez dotací na autobusy a plnicí stanici	42	5,9
Financování po získání dotací na vozidlový park	27	3,2
Financování po získání dotací na vozidlový park a dotace na stavbu plnicí stanice ve výši 52,5 %	14	2,1

Z výše uvedených výpočtů vyplývá, že financování z vlastních zdrojů při stávajících dotacích je výhodnější než financování půjčkou.

Tab. č. 36 udává přehled vozidel a jejich návratností investice plynového autobusu (výpočty jsou v příloze A). Doba návratnosti se pohybuje v rozmezí 1,3 – 4,7 let. Tuto návratnost nejvíce ovlivňuje rozdíl ceny naftového a plynového autobusu a také výše státní dotace na jednotlivé autobusy. Státní dotace nejsou pevně stanoveny a závisí na rozpočtu ministerstev, které dotace rozdělují.

Tab.č.36: Přehled vozidel a jejich návratností

Značka a typ vozidla	Návratnost [let]
SOR BN 10,5 CNG	3,3
SOR BNG 12	3,2
Irisbus Citelis 18M CNG	1,3
Tedom C12 G	3,6
Mercedes – Benz Citaro CNG	4,7
Mercedes – Benz Citaro G CNG	3,5
Solaris Urbino 12 CNG	4,6
Solaris Urbino 15 CNG	2,1
Solaris Urbino 18 CNG	1,5

Nutno podotknout , že zatím je do 31.12. 2011 je pohon na CNG osvobozen od spotřební daně. Od 1.1. 2012 může být cena zemního plynu vyšší (z důvodu zavedení spotřební daně) a úspora tím bude klesat.

6. Závěr

Cílem diplomové práce bylo posoudit možnosti plynofikace MHD v Ostravě. V této práci jsou stručně shrnuty základní technické parametry autobusů na CNG. Zaměřil jsem se na české a také zahraniční výrobce těchto vozidel. Z předložených tabulek, ve kterých jsou vypočteny pořizovací náklady je zřejmé, že se jedná o významnou investici, ale která má do budoucna veliký význam, co se týká emisí výfukových plynů a zásob ropy. Vozidla na CNG mají nižší emise než vozidla na klasická paliva. Tyto emise výrazně negativně ovlivňují životní prostředí. Z tohoto důvodu je účelné zavádění alternativních paliv. Velikou perspektivu v této oblasti má zemní plyn. Zásoby zemního plynu (cca 200 let) jsou větší než zásoby ropy (cca 40 let). Proto se dá předpokládat, že kapalná paliva (benzín a motorová nafta) budou časem hůře dostupná. Zemní plyn je z ekonomického hlediska perspektivnější palivo neboť se pouze těží popř. se provádí malé úpravy kvality zemního plynu (např. čištění plynu) ale motorová nafta se musí z ropy vyrobit.

Nad těmito fakty by se měly zamyslet příslušné úřady a všemi možnými dostupnými prostředky (dotace z Evropské unie a státní dotace) tento program podporovat ve všech oblastech tzn. rozšiřovat počet vozidel na CNG a síť plnicích stanic CNG.

Tento druh pohonu by bylo možné rozšířit i na osobní dopravu, podpořit jej cenovou dostupností vozidel na CNG a motivovat nejen výrobce, ale i uživatele těchto vozidel např. daňovými úlevami popř. dotacemi.

Seznam použité literatury

[1] Zemní plyn v dopravě (on line). 2009. (cit. 2009-02-16).

Dostupné na www: < www.cng.cz >

[2] Dopravní podnik Ostrava a.s. (on line). 2009 (cit. 2009-02-16).

Dostupné na www: < www.dpo.cz >

[3] Matějovský V.: Automobilová paliva ISBN 80-247-0350-5

[4] Vlk F.: Paliva a maziva motorových vozidel ISBN 80-239-6461-5

[5] Vlk F.: Alternativní pohony motorových vozidel ISBN 80-239-1602-5

[6] Emisní limity EURO (on line). 2009 (cit. 2009-02-16).

Dostupné na www: < www.bencar.cz/navody18.htm >

[7] Emisní limity EURO (on line). 2009 (cit. 2009-02-16).

Dostupné na www: < www.prodopravce.cz >

[8] Podklady společnosti Tedom s.r.o., divize Motory, Jablonec nad Nisou

[9] Vítkovice cylinders a.s.(on line). 2009 (cit. 2009-02-16).

Dostupné na www: < www.vitkoviccylinders.com >

[10] Dynetek (on line). 2009 (cit. 2009-03-11).

Dostupné na www: < www.dynetek.com >

[11] Dalmine (on line). 2009 (cit. 2009-03-11).

Dostupné na www: < www.dalmine.it >

[12] Ullit (on line). 2009 (cit. 2009-03-11).

Dostupné na www: < www.ullit.com >

[13] SOR s.r.o.(on line). 2009 (cit. 2009-02-16).

Dostupné na www: < www.sor.com >

[14] Iveco Czech republic a.s.(on line). 2009 (cit. 2009-02-16).

Dostupné na www: < www.karosa.cz >

[15] Tedom s.r.o. (on line). 2009 (cit. 2009-02-16).

Dostupné na www: < www.tedom.cz >

[16] EvoBus Bohemia a.s.(on line). 2009 (cit. 2009-02-16).

Dostupné na www: < www.evobus.cz >

[17] Solaris Bus (on line). 2009 (cit. 2009-02-16).

Dostupné na www: < www.solarisbus.pl/cz >

[18] Severočeská armaturka a.s.(on line). 2009 (cit. 2009-02-16).

Dostupné na www: < www.metrack.cz/sca/download/cng.pdf >

[19] Zemní plyn (on line). 2009 (cit. 2009-02-16).

Dostupné na www: < www.zemniplyn.cz >

[20] Zásoby ropy (on line). 2009 (cit. 2009-04-24).

Dostupné na www: < www.petrol.cz/ropa >

[21] Zapalovací svíčky Brisk Tábor (on line). 2009 (cit. 2009-04-24).

Dostupné na www: < www.brisk.cz >

[22] Městská hromadná doprava a autobusy (on line). 2009 (cit. 2009-04-24).

Dostupné na www: < www.fotodoprava.com >

[23] Plnicí stanice CNG (on line). 2009 (cit. 2009-04-12).

Dostupné na www: < www.cpu.cz >

[24] Podklady Ing. Adolfa Hejtmánka

Seznam obrázků

Obr. č.1: Grafické znázornění hodnot emisních předpisů	- str.č. 22
Obr. č.2: Grafické znázornění četnosti zastoupení značek a typů autobusů vozidlového parku DPO	- str.č. 23
Obr. č.3: Autobus Karosa B732	- str.č. 24
Obr. č.4: Autobus Karosa B741	- str.č. 25
Obr. č.5: Autobus Karosa B932	- str.č. 26
Obr. č.6: Autobus Karosa B941	- str.č. 27
Obr. č.7: Autobus Karosa B952	- str.č. 28
Obr. č.8: Autobus Karosa B961	- str.č. 29
Obr. č.9: Midibus Mercedes Benz	- str.č. 30
Obr. č.10: Autobus Karosa – Renault City bus	- str.č. 31
Obr. č.11: Autobus Solaris Urbino 12	- str.č. 32
Obr. č.12: Autobus Solaris Urbino 12H	- str.č. 33
Obr. č.13: Autobus Solaris Urbino 15	- str.č. 34
Obr. č.14: Midibus Fiat - Mave CiBus ENA MV 54A	- str.č. 35
Obr. č.15: Irisbus Citelis 12M	- str.č. 36
Obr. č.16: Schéma palivové soustavy CNG	- str.č. 38
Obr. č.17: Ocelová tlaková lahev	- str.č. 39
Obr. č.18: Odlehčené tlakové lahve umístěné na střeše vozidla podélně	- str.č. 40
Obr. č.19: Odlehčené tlakové lahve umístěné na střeše vozidla napříč	- str.č. 40
Obr. č.20: Plnicí ventil	- str.č. 42
Obr. č.21: Lahvový ventil	- str.č. 43
Obr. č.22: Regulátor tlaku	- str.č. 44
Obr. č.23: Zapalovací svíčka Brisk Silver	- str.č. 45
Obr. č.24: Autobus značky SOR BN 10,5 CNG	- str.č. 48
Obr. č.25: Autobus značky SOR BNG 12	- str.č. 49

Obr. č.26: Autobus značky Irisbus Citelis 12M CNG	- str.č. 51
Obr. č.27: Autobus značky Irisbus Citelis 18M CNG	- str.č. 52
Obr. č.28: Autobus značky Tedom C12 G	- str.č. 54
Obr. č.29: Autobus značky Mercedes – Benz Citaro CNG	- str.č. 55
Obr. č.30: Autobus značky Mercedes – Benz Citaro G CNG	- str.č. 56
Obr. č.31: Autobus značky Solaris Urbino 12 CNG	- str.č. 57
Obr. č.32: Autobus značky Solaris Urbino 15 CNG	- str.č. 58
Obr. č.33: Autobus značky Solaris Urbino 18 CNG	- str.č. 59
Obr. č.34: Schéma pomaluplníčí stanice	- str.č. 61
Obr. č.35: Schéma rychloplnící stanice	- str.č. 62
Obr. č.36: Kompresorový modul plnící stanice	- str.č. 64
Obr. č.37: Elektronický výdejní stojan plnící stanice	- str.č. 64

Seznam tabulek

Tab. č.1: Přehled emisních předpisů	- str.č. 21
Tab. č.2: Zastoupení značek a typů autobusů v DPO	- str.č. 23
Tab. č.3: Vybrané technické údaje autobusů DPO	- str.č. 37
Tab. č.4: Tlakové lahve na CNG	- str.č. 41
Tab. č.5: Technické údaje zapalovací svíčky Brisk Silver	- str.č. 45
Tab. č.6: Přehled měst ve kterých jsou provozovány autobusy na CNG	- str.č. 46
Tab. č.7: Technické údaje autobusu značky SOR BN 10,5 CNG	- str.č. 47
Tab. č.8: Technické údaje autobusu značky SOR BNG 12	- str.č. 49
Tab. č.9: Technické údaje autobusu značky Irisbus Citelis 12M CNG	- str.č. 50
Tab. č.10: Technické údaje autobusu značky Irisbus Citelis 18M CNG	- str.č. 52
Tab. č.11: Technické údaje autobusu značky Tedom C12 G	- str.č. 53
Tab. č.12: Technické údaje autobusu značky Mercedes – Benz Citaro CNG	- str.č. 55
Tab. č.13: Technické údaje autobusu značky Mercedes – Benz Citaro G CNG	- str.č. 56

Tab. č.14: Technické údaje autobusu značky Solaris Urbino 12 CNG	- str.č. 57
Tab. č.15: Technické údaje autobusu značky Solaris Urbino 15 CNG	- str.č. 58
Tab. č.16: Technické údaje autobusu značky Solaris Urbino 18 CNG	- str.č. 59
Tab. č.17: Druhy motorové nafty	- str.č. 69
Tab. č.18: Motorová nafta v ČR pro letní a zimní období	- str.č. 70
Tab. č.19: Srovnání energetických vlastností paliv	- str.č. 72
Tab. č.20: Srovnání nákladů zemního plynu a motorové nafty při použití vlastní plnící stanice	- str.č. 74
Tab. č.21: Srovnání nákladů zemního plynu a motorové nafty při pronájmu plnící stanice od společnosti RWE	- str.č. 75
Tab. č.22: Základní technické údaje plnící stanice	- str.č. 75
Tab. č.23: Cenová nabídka plnící stanice	- str.č. 76
Tab. č.24: Výhodnost plnící stanice v závislosti na počtu vozidel	- str.č. 76
Tab. č.25: Návratnost plnící stanice	- str.č. 77
Tab. č.26: Dotace na plnící stanici	- str.č. 77
Tab. č.27: Přehled dotací na naftové a plynové autobusy	- str.č. 78
Tab. č.28: Srovnání nákladů provozu autobusů na zemní plyn a na motorovou naftu za 1 rok při ročním proběhu 75 000 km	- str.č. 78
Tab. č.29: Srovnání nákladů na údržbu autobusů na zemní plyn a na motorovou naftu za 1 rok při ročním proběhu 75 000 km	- str.č. 79
Tab. č.30: Výhodnost provozu plynového autobusu proti naftovému v závislosti na počtu vozidel (při sjednání půjčky)	- str.č. 80
Tab. č.31: Srovnání celkových nákladů na palivo a údržbu autobusů na zemní plyn a na motorovou naftu po získání dotací na vozidlový park (při sjednání půjčky)	- str.č. 80
Tab. č.32: Možnosti financování plynofikace MHD v Ostravě (při sjednání půjčky)	- str.č. 81

Tab. č.33: Výhodnost provozu plynového autobusu proti naftovému v závislosti na počtu vozidel (bez půjčky)	- str.č. 81
Tab. č.34: Srovnání celkových nákladů na palivo a údržbu autobusů na zemní plyn a na motorovou naftu po získání dotací na vozidlový park (bez půjčky)	- str.č. 82
Tab. č.35: Možnosti financování plynofikace MHD v Ostravě (bez půjčky)	- str.č. 82
Tab. č.36: Přehled vozidel a jejich návratností	- str.č. 83

Přílohy

Příloha A.....Srovnání nákladů provozu autobusů na zemní plyn a na motorovou naftu
za 1 rok

Příloha B..... Mapa sítě plnicích stanic CNG v ČR

Příloha C.....Seznam veřejných plnicích stanic CNG v ČR

Příloha D.....Srovnání emisí plynových motorů dle emisního testu ETC
s emisními předpisy EURO